

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Geografie a kartografie



David Vaněk

## **ANALÝZA DOSTUPNOSTI ZDRAVOTNÍ PÉČE V ČESKU**

**ANALYSIS OF THE ACCESSIBILITY OF HEALTH CARE IN CZECHIA**

*Bakalářská práce*

Praha 2014

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Přemysl Štych, Ph.D.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 22. 5. 2014

Podpis: .....

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce RNDr. Přemyslu Štychovi, Ph.D. za cenné rady a odbornou pomoc při zpracování mé práce. Děkuji také své rodině a přátelům za neustálou podporu v průběhu psaní práce.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá aplikací síťových analýz při zkoumání prostorové dostupnosti ambulantní zdravotní péče v Česku v prostředí GIS. Jsou analyzovány sítě zdravotnických zařízení pro dvě pojišťovny, a to Všeobecné zdravotní pojišťovny a Revírní bratrská pokladna. Na příkladech čtyř zdravotnických oborů (urologie, hemodialýza, nefrologie a kardiochirurgie) byla zjišťována časová dostupnost výpočtem zón obslužnosti pro zařízení poskytující dané služby v programu ArcGIS. Použitým dopravním módem je osobní automobilová doprava. Časová dostupnost byla posuzována vzhledem k dojezdovým dobám stanovených zákonem. Výsledné oblasti se zhoršenou dostupností byly vyhodnoceny vzhledem k podílu na rozloze a obyvatelstvu Česka. Výstupem jsou tabulky a mapy, které jsou přílohou práce. Byly zjištěny podstatné rozdíly v dostupnosti sítí poskytovatelů zdravotní péče napříč obory i mezi oběma pojišťovnami.

## **Klíčová slova**

zdravotní péče, dostupnost, síťová analýza, GIS

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with spatial accessibility of outpatient health care in Czechia using network analysis in GIS. Two health insurance companies are involved in the analysis: Všeobecná zdravotní pojišťovna and Revírní bratrská pokladna. As examples, four different health services were chosen (urology, hemodialysis, nephrology and cardiac surgery). Then, time accessibility was calculated and service areas for health care facilities were generated in ArcGIS. Traveling by car was used as a traffic mode. Time accessibility was compared with the limits established by law. For resultant underserved areas, their shares of total area and population of Czechia were computed. The results are presented by tables and maps, which are in the appendix of this work. The substantial differences among accessibility of health care providers and between both health insurance companies were found out.

## **Key words**

health care, accessibility, network analysis, GIS



## OBSAH

1	ÚVOD A CÍLE PRÁCE .....	7
2	DOSTUPNOST ZDRAVOTNÍ PÉČE .....	8
2.1	Zdravotní péče a pojišťovny .....	9
2.2	Klíčové problémy výzkumů .....	11
2.3	Výběr vhodné míry dostupnosti .....	12
2.4	Volba datového modelu .....	13
2.5	Teorie grafů .....	14
2.6	Síťové analýzy .....	14
2.7	Parametry sítě .....	16
3	DATA A METODIKA .....	17
3.1	Příprava dat silniční sítě .....	18
3.2	Určení průměrných rychlostí .....	20
3.3	Tvorba síťového datasetu .....	21
3.4	Data o zdravotnických zařízeních .....	23
3.5	Použité metody .....	24
3.6	Stanovení zón zhoršené dostupnosti .....	25
4	VÝSLEDKY .....	25
4.1	Rozmístění zdravotnických zařízení podle oborů .....	25
4.2	Časová dostupnost .....	29
5	DISKUZE .....	34
6	ZÁVĚR .....	35
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	37
8	SEZNAM TABULEK .....	38
9	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	38
10	SEZNAM ZDROJŮ .....	39

<b>10.1</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>39</b>
<b>10.2</b>	<b>Datové a online zdroje.....</b>	<b>41</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>42</b>

## 1 ÚVOD A CÍLE PRÁCE

Síťové analýzy se často uplatňují při analyzování dopravní dostupnosti. Síť vhodně reprezentují reálné struktury, jako jsou například dopravní síť (silniční, železniční) nebo počítačové síť. Základem pro různé druhy síťových úloh je jednoduchý vztah mezi délkou úseku a průměrnou rychlostí, který poskytuje údaj o času potřebném k jeho překonání. V praxi se s využitím síťových analýz lze setkat zejména při dopravním modelování a také v navigačních systémech.

V oblasti zdravotnictví je nejčastější oblast jejich uplatnění při práci zdravotnické záchranné služby (ZZS). Důležitým úkolem je návrh rozmístění výjezdových míst za účelem dodržení dojezdové doby vozidel ZZS, což je zásadní pro ochranu zdraví a životů obyvatel. Modelování časové dostupnosti zdravotních služeb je ve své podstatě úkol opačné povahy, kdy pacienti cestují za zdravotní péčí. Udržování sítě smluvních zdravotnických zařízení, kde jsou služby poskytovány, je v kompetenci zdravotních pojišťoven.

Dopravní dostupností se zabývá celá řada výzkumů. V Česku se však aplikaci síťových analýz v oblasti dostupnosti ambulantní zdravotní péče nevěnuje žádná studie. Tato práce se pokusí tuto mezeru zaplnit. Metodika použitá v této práci by měla vycházet ze zahraničních výzkumů, kde je využití geoinformačních systémů (GIS) a potažmo síťových analýz v této oblasti běžné.

Klíčovým cílem této práce je ověřit, zda je prakticky možné dodržení zákonných dojezdových dob u specializovaných lékařských oborů a služeb ambulantní péče v rámci sítě poskytovatelů, které mají smlouvu s určitými zdravotními pojišťovnami v Česku. Zákonné dojezdové doby ustanovuje nařízení vlády č. 307/2012 Sb. o místní a časové dostupnosti zdravotních služeb, které nabylo účinnosti dne 1. ledna 2013. Dojezdová doba byla dříve stanovena pouze u zdravotnické záchranné služby, a to zákonem č. 374/2011 Sb. Analýza dostupnosti, která by předcházela zavedení nařízení vlády, nebyla Ministerstvem zdravotnictví zveřejněna. Ustanovení konkrétních hodnot dojezdových dob provázela nespokojenost Svazu pacientů České republiky a byly vzneseny námitky, že nařízení vznikalo bez diskuze za účasti lékařů, odborné i laické veřejnosti.

Pro kritické posouzení stanovených dojezdových dob bude využito síťových analýz, které jsou dnes nedílnou součástí geoinformačních systémů. GIS se v mnoha výzkumech ukázaly jako vhodný nástroj pro měření dostupnosti zdravotní péče (např. Haynes et al. 2006, Delamater et al. 2012). Výstupem práce bude hodnocení dostupnosti sítě poskytovatelů lékařských služeb u jednotlivých zdravotních pojišťoven, identifikace oblastí s potenciálně zhoršenou dostupností k těmto službám a zhodnocení rozsahu rozdílů v dostupnosti. Vše v podobě mapových a tabulkových výstupů.

Dílčím cílem práce je tvorba ukázkového vzorku databáze zdravotnických zařízení tak,

aby byla využitelná pro další prostorové analýzy v GIS. Vhodná data pro tvorbu databáze jsou volně dostupná v Registru zdravotnických zařízení, který spravuje Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR (ÚZIS), jehož zřizovatelem je Ministerstvo zdravotnictví ČR.

Cíle lze shrnout následovně:

- rešerše relevantní literatury a metod v problematice síťových analýz a dostupnosti zdravotní péče v GIS
- tvorba databáze zdravotnických zařízení vhodné pro prostorové analýzy
- tvorba modelu dostupnosti osobní automobilovou dopravou v GIS
- tvorba dostupnostních zón
- popis a interpretace výsledků, zhodnocení dopadů na obyvatelstvo
- diskuze výsledků, použitých dat a metod

Pro účely práce byly také stanoveny dvě hypotézy:

- (1) Zákonné dojezdové doby budou nejpravděpodobněji nesplněny u lékařských oborů/služeb ambulantní péče se stanovenou hranicí do 45 minut a do 60 minut.
- (2) Dá se očekávat, že oblastmi se zhoršenou dostupností budou ve většině případů pohraniční periferní oblasti s nedostatečným napojením na silnice vyšších řádů, a také tzv. vnitřní periferie trpící malým počtem dostupných zdravotnických zařízení.

## **2 DOSTUPNOST ZDRAVOTNÍ PÉČE**

Pro získání přehledu v literatuře, která se řešenou problematikou zabývá, je potřeba studovat hned několik typů zdrojů. V první řadě je důležité se seznámit se samotnou problematikou síťových analýz úzce související s matematickou teorií grafů. Výchozím zdrojem se staly zejména vybrané pasáže všeobecněji zaměřené publikace *Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools* od De Smith et. al (2007). Z českých zdrojů šlo hlavně o výukové texty od Peňáze (2006) a obsáhlou publikaci *Grafy a jejich aplikace* od Demela (2002). Dále pak odborné články s tematikou mj. algoritmů v síťových analýzách např. od Hart et al. (1968). Druhým okruhem literatury, který je nutné si osvojit, je téma dopravního modelování za využití síťových analýz v GIS. Do této skupiny dopravně-geografické literatury spadají práce Hudečka (2008, 2011), Israelsena a Frederiksena (2005) nebo Brainarda et al. (1997).

Samotným výzkumem dostupnosti zdravotní péče s využitím GIS se zabývá celá řada odborných prací, které se často liší použitou metodikou i zaměřením na různě velká zájmová území. Existuje celá řada starších publikací zabývajících se měřením dostupnosti zdravotní péče, jejichž metodika po nástupu geoinformačních technologií přestala být

aktuální. S nástupem GIS se začaly prosazovat nové metody, které byly umožněny rozšiřující se výpočetní kapacitou hardwarového vybavení i sofistikovanějšími softwarovými prostředky. Přímou rozdílností v poslední době používaných metod se zaměřují články např. od Fortney et al. (2000), Haynes et al. (2006) a Delamater et al. (2012). Dostupnost zdravotní péče byla zkoumána na území Nového Zélandu (Brabyn, Skelly 2002), ve východní Anglii (Lovett et al. 2002), v americkém státě Michigan (Messina et al. 2006) a v Kentucky (Hare, Barcus 2007). Ve studii na úrovni metropolitního areálu se Guagliardo et al. (2004) zaměřili na Washington, DC. Práce lze rozdělit také podle jejich zaměření na určitý druh zdravotní péče. Předmětem výzkumu může být dostupnost primární, specializované ambulantní nebo lůžkové péče.

## **2.1 Zdravotní péče a pojišťovny**

V Česku existuje několik forem zdravotní péče, které jsou rozlišovány také v nařízení vlády o místní a časové dostupnosti zdravotních služeb. Mezi ně patří mj. i ambulantní péče a lůžková péče. Podle zákona č. 372/2011 Sb. o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování, ambulantní péče nevyžaduje hospitalizaci pacienta nebo přijetí na lůžko u poskytovatele jednodenní péče. Lůžková péče nelze poskytnout ambulantně a je nutná hospitalizace pacienta.

Ze zákona má pacient nárok na výběr poskytovatele zdravotní péče, který má smlouvu se stejnou zdravotní pojišťovnou, u které je pacient pojištěn. Smlouva se zdravotní pojišťovnou pacienta se u poskytovatele nevyžaduje pouze v případě poskytnutí neodkladné péče (případy, kdy je ohrožen život pacienta). Zdravotní pojišťovny jsou povinny ze zákona zajistit svým pojištěncům místní dostupnost hrazených služeb. Místní dostupností se rozumí přiměřená vzdálenost místa poskytování hrazených služeb vzhledem k místu trvalého pobytu nebo k místu bydliště pojištěnce. Místní dostupnost se vyjadřuje dojezdovou dobou. Dojezdovou dobou se pro účely tohoto zákona rozumí doba v celých minutách, která odpovídá efektivní dostupnosti místa dopravním prostředkem rychlostí, která je přiměřená typu pozemní komunikace a je v souladu se zákonem upravujícím provoz na pozemních komunikacích. Paragraf 40 odstavec 3 písm. a) zákona č. 48/1997 Sb. o veřejném zdravotním pojištění říká, že dojezdové doby stanoví vláda nařízením. Povinnosti plynoucí z tohoto zákona plní zdravotní pojišťovna prostřednictvím poskytovatelů zdravotní péče, se kterými uzavřela smlouvu o poskytování a úhradě hrazených služeb. Tito poskytovatelé tvoří síť smluvních poskytovatelů zdravotní pojišťovny (§ 46 zákona č. 48/1997 Sb.).

Nařízení vlády č. 307/2012 Sb. stanovuje dojezdové doby určené pro jednotlivé obory nebo služby jako nejzazší možné. Přílohou tohoto nařízení je tabulka s dojezdovými dobami pro ambulantní péči, na kterou je práce zaměřena (viz Tab. 1). V rámci této práce je vybrán jeden lékařský obor nebo služba z každé skupiny vymezené dojezdovou dobou, s

výjimkou skupiny č. 1. Množství zdravotnických zařízení poskytujících zdravotní služby v této skupině přesahuje možnosti zpracování v této bakalářské práci. Navíc některé dřívější studie ukázaly, že např. časová dostupnost lékáren je mnohem lepší než zákonem stanovená hodnota (Navrátil 2008). Vybranými službami pro tvorbu databáze zdravotnických zařízení a následné provádění síťových analýz jsou urologie (skupina 2), hemodialýza (3), nefrologie (4) a kardiochirurgie (5).

Ambulantní část sítě zdravotnických zařízení tvoří v Česku sdružená ambulantní zařízení, polikliniky, zdravotnická střediska, samostatné ordinace praktických lékařů a ordinace lékařů specialistů. Ambulantní péče je poskytována také v síti nemocničních zařízení, včetně fakultních nemocnic. Téměř z 82 % byla v roce 2012 ambulantní péče poskytována v soukromých zdravotnických zařízeních. Dohromady se jedná o bezmála 25 000 zdravotnických zařízení (Zdravotnická ročenka ČR 2012).

skupina	dojezdová doba (v minutách)	obor nebo služba
1	35	všeobecné praktické lékařství, praktické lékařství pro děti a dorost, gynekologie a porodnictví, zubní lékař, lékárna
2	45	diabetologie, chirurgie, neurologie, oftalmologie, otorinolaryngologie, ortopedie, radiologie a zobrazovací metody (jen ultrazvukové a rentgenové a skiagrafické vyšetření), rehabilitační a fyzikální medicína, fyzioterapie, <b>urologie</b> , vnitřní lékařství
3	60	gastroenterologie, kardiologie, pneumologie a ftizeologie, hematologie a transfúzní lékařství, revmatologie, <b>hemodialýza</b> , psychiatrie, psychologie, logopedie, dermatovenerologie
4	90	alergologie a klinická imunologie, angiologie, endokrinologie, <b>nefrologie</b> , klinická onkologie, dětská chirurgie, dětská a dorostová psychiatrie, dětská neurologie, ortodoncie, počítačová tomografie
5	120	dětská gynekologie, foniatrie a audiologie, radiační onkologie, magnetická rezonance, nukleární medicína, <b>kardiochirurgie</b> , neurochirurgie, cévní chirurgie, infekční lékařství, lékařská genetika, plastická chirurgie, geriatrie, sexuologie

Tab. 1: Dojezdová doba vyjadřující místní dostupnost hrazených služeb podle oborů nebo služeb poskytovaných poskytovateli ambulantní péče (nařízení vlády č. 307/2012 Sb.)

V posledních letech nastal rozvoj nových metod měření prostorové dostupnosti zdravotní péče, a to zejména v souvislosti s rozmachem geoinformačních technologií.

Geoprostorová analýza se v mnoha výzkumech ukázala jako vhodný nástroj pro měření prostorové dostupnosti širokého spektra služeb, včetně zdravotních. Mnoho dřívějších výzkumů se nezabývalo prostorovou dimenzí dostupnosti, ale byly zaměřeny na finanční náklady spojenými s cestováním za službami. Ukazuje se však, že při cestování za zdravotní péčí tato překážka hraje mnohem menší roli než cestovní vzdálenost nebo čas. Nezřídka si i nemovití lidé na cestu do nemocnice zaplatí taxi (Halden et al. 2005).

Ve výzkumu dostupnosti zdravotní péče se pozornost více obrací k prostorovým překážkám označovaným v literatuře nejčastěji anglickými termíny *availability* a *accessibility*. Oba pojmy v překladu znamenají dostupnost, ale je v nich značný rozdíl. Jako *availability* se označuje počet poskytovatelů zdravotní péče (např. praktických lékařů nebo zdravotnických zařízení), ze kterých si pacient může při cestování za těmito službami vybírat. *Accessibility* pak vyjadřuje cestovní vzdálenost nebo cestovní čas (jednotkami jsou obvykle kilometry, resp. minuty) mezi pacientovým bydlištěm a poskytovatelem zdravotní péče (Guagliardo 2004). Některé studie např. Lovett et al. (2002) se zaměřují na výzkum skutečného využívání zdravotní péče, pro který je však nutné pracovat s daty o návštěvách nebo hospitalizacích pacientů (Guagliardo et al. 2004). Tato práce se zabývá potenciální dostupností zdravotní péče.

## 2.2 Klíčové problémy výzkumů

S výzkumem prostorové dostupnosti zdravotní péče se pojí celá řada opakovaně vyvstávajících problémů. Zejména praktičtí lékaři neordinují vždy pouze na jednom místě, kde jsou oficiálně vedeni v statistikách. Tento fakt může v některých oblastech značně zkreslit výsledek analýz prostorové dostupnosti zdravotní péče. Problematický je také častý nesoulad mezi trvalým bydlištěm pacienta a jeho skutečným bydlištěm. V dosavadním výzkumu bylo již poukázáno také na to, že pacient nemusí vyhledávat lékařské služby vůbec s ohledem na své bydliště. Pro mnohé lidi je výhodnější navštívit lékaře, který ordinuje v blízkosti jejich pracoviště. Nebo také jinde. Například v centru města, kde se pacient v průběhu pracovního dne pohybuje mnohem více než v místě bydliště (Kwan 2004).

Zásadní význam má výběr vhodné míry dostupnosti. Ten závisí na mnoha faktorech. Podstatné je zejména rozlišit, zda je zkoumaná oblast převážně urbanizovaná nebo venkovská. Ve městech totiž nehraje prostá cestovní vzdálenost tak zásadní roli. Podobně daleko se totiž často nachází široká paleta zdravotnických služeb, ze kterých může pacient vybírat. Člověk pak při rozhodování bere v potaz i další faktory. Situace v řidčeji osídlených oblastech je odlišná. Zde je tím nejpodstatnějším faktorem při rozhodování o využití lékařských služeb vzdálenost (Guagliardo 2004).

Slabinou jakéhokoli výzkumu dostupnosti zdravotní péče jsou pacienti, kteří mohou a



často také překračují hranice při cestování za zdravotnickými službami. Tento problém je třeba mít neustále na paměti zejména při práci s administrativními jednotkami uvnitř státu. Naopak tento problém odpadá v případě zkoumání jednotlivé země, případně u mezinárodního srovnání. Uplatňuje se totiž fakt, že pacienti, vázáni smlouvami s domácími zdravotními pojišťovnami, hranice států nepřekračují.

Důležitou otázkou také je, zda je důležitější dobrá dostupnost praktických lékařů než odborníků ve specializovaných oborech lékařské péče nebo než dostupnost lůžkové zdravotní péče. Nebo také od jaké míry se optimalizace a vylepšování sítě zdravotní péče projeví na zlepšeném zdravotním stavu obyvatelstva (Guagliardo 2004). Existují různé nároky na cestovní vzdálenost u rozdílných druhů nemocí, a to v závislosti na nutnosti dojíždět více či méně často za lékařskými službami (Brabyn, Skelly 2002).

### **2.3 Výběr vhodné míry dostupnosti**

Pro výzkum zabývající se dostupností je na počátku potřeba stanovit, jaká hodnota ji bude reprezentovat. Ve výzkumu dostupnosti zdravotní péče se využívají míry, které lze zařadit do čtyř hlavních kategorií:

- Koeficienty poskytovatelé – populace
- Cestovní náklady k nejbližšímu poskytovateli
- Průměrné cestovní náklady k nejbližšímu poskytovateli
- Gravitační modely

Koeficienty vyjadřující vztah mezi poskytovateli a populací jsou velmi vhodné pro srovnání mezi hranicemi vymezenými územními jednotkami. Těmi mohou být státy, menší administrativní celky nebo třeba uměle stanovené jednotky zdravotní péče. V těchto územích je pak počítán poměr mezi počtem poskytovatelů zdravotní péče (zdravotnická zařízení, obvodní lékaři, pediatři apod.) a počtem obyvatel. Lze je také uplatnit při výzkumu pouze určitých socioekonomických skupin obyvatelstva např. děti trpící astmatem (Teach et al. 2006). Výsledné hodnoty mohou dobře sloužit jako podklad pro ustanovení standardů v dostupnosti zdravotní péče. Problémem jsou nutně existující rozdíly v dostupnosti zdravotní péče uvnitř těchto územních jednotek. Nelze je odstranit ani zmenšením rozlohy zkoumaných oblastí, protože s jejich menší velikostí naopak narůstá problém s pacienty překračujícími hranice (Fortney et al. 2000).

Hojně používanou metodou je výpočet cestovních nákladů (ve smyslu vzdálenosti nebo času) od bydliště pacienta nebo z určité sídelní jednotky k poskytovatelům zdravotních služeb. Cestovní vzdálenost je počítána buďto jako přímá vzdálenost nebo se měří po existující silniční příp. železniční síti. Je nejvhodnější metodou pro výpočet dostupnosti v rurálních oblastech, kde faktor vzdálenosti hraje zásadní roli (Guagliardo 2004).



Třetí nejvýznamnější skupinou metod jsou gravitační modely. Jde ve své podstatě o modifikované verze Newtonova gravitačního zákona. Poprvé byly použity pro výpočet takzvaného Reillyho modelu (Reilly 1931), který určuje hraniční vliv center maloobchodu. Vypočítávají se hraniční body a jejich spojením se vymezují oblasti převažujícího vlivu určitého centra. Dopravní dostupnost tyto modely počítají jako součet podílů kapacit poskytovatelů zdravotní péče a vzdáleností mezi výchozím bodem a obslužnými centry. Základní vzorec vypadá následovně (viz Obr. 1).

$$A_i = \sum_j \frac{S_j}{d_{ij}^\beta}$$

*Obr. 1: Gravitační model*

Prostorová dostupnost ( $A_i$ ) místa  $i$  je rovna sumě kapacit poskytovatelů zdravotní péče ( $S_j$ ) v místě  $j$  dělené součtem vzdáleností míst  $i$  a  $j$ . Koeficient  $\beta$  zohledňuje změnu náročnosti cestování s přibývajícím vzdáleností od místa  $i$ . Gravitační modely lze úspěšně využít jak pro urbánní, tak pro rurální oblasti. Nevýhodou je jejich nedostatečná intuitivnost. A to hlavně proto, že nepracují s dopravní sítí. Lze jim také vytknout, že modelují pouze nabídku a ne poptávku (Guagliardo 2004).

Dále bude pozornost věnována hlavně metodě výpočtu cestovních nákladů (v jednotkách času) v GIS, která není ovlivněna problémy vyvstávajícími s volbou územních jednotek (McLafferty 2003).

## 2.4 Volba datového modelu

V dostupnostních analýzách zaměřených na zdravotní péči byl v minulosti využíván hojně jak rastrový, např. Messina et al. (2006), tak vektorový model dat, např. Haynes et al. (2006). Oba modely mají opodstatnění pro své použití. Rastrový model lze úspěšně použít v oblastech, kde se doprava za zdravotnickými službami neodehrává pouze po dopravní síti. Rastr se tedy uplatňuje v oblastech s nedostatečně rozvinutou sítí komunikací. Například umožňuje lépe zkoumat oblasti s převažující pěší dopravou. Konverzí z vektorového formátu, která použití rastru předchází, ale ztrácíme zásadní informace o topologii, kterou rastrový model špatně vystihuje. Rastrový model má kvůli tomuto nedostatku tendenci vést k nepředvídatelným výsledkům (Delamater et al. 2012).

Naproti tomu vektorový model je používán pro svou vhodnou reprezentaci skutečného cestovního prostředí. Obsahuje striktní prostorové vztahy mezi prvky sítě a ostatní prostor

mimo tyto struktury zůstává nedefinován. Vektorový model je vhodný pro síťové analýzy, které umožňují zahrnout celou řadu faktorů ovlivňujících cestovní rychlost (Hare, Barcus 2007). Rychlost se v průběhu průchodu sítě mění a tento fakt nezachycují analýzy pracující pouze s přímou vzdáleností. Některé studie statisticky prokázaly vztah mezi přímou vzdáleností a cestovním časem. Argumentují tendencí pacientů nerozhodovat se podle objektivnějšího cestovního času, ale spíše podle přímé vzdálenosti ke zdravotnickému zařízení (Haynes et al. 2006). Přesto postupně ve výzkumu převládá měření dostupnosti založené na síťových analýzách s využitím cestovního času.

## 2.5 Teorie grafů

Teoretickým východiskem pro síťové analýzy v dopravním modelování je matematický obor nazývaný teorie grafů. V této obecné teorii je orientovaný graf definován jako trojice  $G = (V, E, \epsilon)$ . Je tvořen konečnou množinou vrcholů ( $V$ ), orientovaných hran ( $E$ ) a vztahem incidence ( $\epsilon$ ), což je zobrazení  $E \rightarrow V^2$ . Toto zobrazení přiřazuje každé hraně uspořádanou dvojici vrcholů, z nichž první je nazýván počátečním a druhý koncovým vrcholem hrany. Pokud je počáteční vrchol hrany totožný s koncovým, pak se hrana označuje jako smyčka. Základní vlastností hran je jejich orientace. Pokud je dán počáteční a koncový uzel hrany, pak se jedná o hranu orientovanou. Pokud jsou všechny hrany v grafu orientované, označuje se jako orientovaný graf. Smíšený graf je takový, který má orientované pouze některé hrany. Ohodnoceným grafem nazýváme ten, který má přiřazené číselné hodnoty k jednotlivým hranám. Hrany mohou být ohodnoceny i více hodnotami najednou (Demel 2002). Pro aplikaci v dostupnostních analýzách může číslo představovat např. vzdálenost nebo dobu potřebnou pro překonání daného úseku.

## 2.6 Síťové analýzy

Síťové analýzy se uplatňují na celé řadě různých druhů sítí, které jsou přirozenými strukturami jak v přírodní sféře (např. hydrologická síť), tak v antropogenní sféře (silniční síť). Síť lze výhodně reprezentovat pomocí dvou základních prvků grafu, a to uzlu a hrany. V dopravní síti představují hrany úseky komunikací a uzly křížení cest. Uzly a hrany popisují vzájemné prostorové vztahy prvků, jde o tzv. topologii. S určitými sítěmi jsou pak spojeny specifické procesy, které se v síti odehrávají. Síť svými parametry tyto procesy ovlivňuje. Transport v síti můžeme modelovat pomocí síťových analýz, které využívají teorii grafů (Peňáz 2006). Pro dopravní modelování se využívají smíšené ohodnocené grafy představující dopravní síť.

Základní složky síťových analýz jsou čtyři:

- samotná síť, po které probíhá transport (např. silniční)
- výchozí body (např. sklady zboží)

- koncové body (např. pobočky obchodního řetězce)
- parametry sítě (tzn. soubor pravidel, podle nichž transport v síti probíhá)

Nejobvyklejší úlohou v síťových analýzách je *hledání nejrychlejší cesty*. Výsledkem takové úlohy je cesta nebo okruh (spojnice dvou, resp. více zastávek). Jako nejrychlejší cesta bývá vyhodnocena ta, která má nejnižší cestovní náklady v závislosti na zvolené impedanci. Jako impedance se označuje odpor při průchodu sítí z jednoho místa do jiného a může ji představovat například cestovní čas nebo vzdálenost. Měření cestovní impedance sestává ze tří základních úseků:

- (1) od počátku k nejbližšímu místu na síti
- (2) nejkratší vzdálenost po samotné síti k místu nejbližšímu koncovému bodu
- (3) od tohoto místa ke koncovému bodu

Vzdálenosti (1) a (3) jsou v případě, že se tyto body nacházejí na síti, nulové. Pokud na síti neleží, měří se přímá vzdálenost (Liu, Zhu 2004). Výpočtem souhrnných vzdáleností pro všechny dvojice počátků (origins) a koncových bodů (destinations) v síti vzniká matice nazývaná jako OD matrix.

Druhou používanou úlohou je *alokace zdrojů*. Souvisí s pojmem centrum, což je místo na síti, které je zdrojem nebo místem spotřeby určité komodity, příp. služby. Výsledkem úlohy je přiřazení (alokace) hran sítě přiléhajících centru. Jako plošnou aproximaci alokovaných hran lze vytvořit tzv. zóny obslužnosti. Významným problémem u těchto zón je určení jejich průběhu v místech bez silniční sítě. Podle De Smith et al. (2007) se používají tři hlavní řešení:

- a) konstrukce konvexní obálky (convex hull)
- b) buffer
- c) jiný systém zón (definování rychlosti pohybu mimo silnice, např. chůzí nebo jízdou v terénu)

Nejpoužívanějšími algoritmy používanými v úlohách síťových analýz jsou algoritmy vyhledávající nejkratší cestu. Rozšíření této skupiny algoritmů představují tzv. omezené algoritmy nejkratší cesty. Ty zahrnují nejrozumnější omezení, která jsou v praxi typická, např. zohlednění placených silnic, tunelů apod. Berou-li algoritmy tato omezení v potaz, může být preferováno vyhledávání cest, které jsou paradoxně delší. Mezi základní algoritmy, ze kterých se v síťových analýzách vychází, patří Dijkstrův a A\* algoritmus. Jsou definovány pro grafy s kladně ohodnocenými hranami (De Smith et al. 2007).

Dijkstrův algoritmus je konečným algoritmem, který si pro každý vrchol pamatuje délku nejkratší cesty, kterou se k němu dá dostat. Operuje se dvěma množinami vrcholů. První představuje vrcholy navštívené (V), druhá doposud nenavštívené (N). Na počátku

běhu algoritmu je počátečnímu vrcholu přiřazena hodnota  $d[t] = 0$  a všem ostatním nekonečno. Hodnota nekonečno ukazuje, že vrchol buďto ještě nebyl testován, nebo je z počátku nedosažitelný. V každém průchodu cyklem se přiřadí nová hodnota vrcholu  $d[t]$ , který má na začátku nejmenší hodnotu a je přesunut z množiny  $N$  do  $V$ . Dále se pro každý vrchol, do kterého vede hrana testuje, zda platí:

$$(d[t_{min}] + l(v_{min}, u)) < d[t]$$

kde  $l(v_{min}, u)$  představuje délku hrany. Pokud je podmínka splněna, je  $d[t]$  přiřazena tato nová hodnota, v opačném případě se neprovádí nic. Algoritmus je ukončen v okamžiku, kdy je množina  $N$  prázdná (De Smith et al. 2007).

Rozšířeným případem Dijkstrova algoritmu je A\* algoritmus. Jedná se o tzv. heuristický algoritmus, protože pracuje s funkcí, která určuje pořadí, ve kterém mají být uzly navštíveny. Funkce  $f(n)$ , určující v jakém pořadí jsou uzly grafu procházeny, je vyjádřena ve tvaru:

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

Vzdálenost uzlu počátečního a navštíveného ( $n$ ) představuje  $g(n)$ . Výraz  $h(n)$  je pak heuristickým odhadem nejkratší vzdálenosti z uzlu  $n$  do koncového uzlu cesty (Hart et al. 1968). Při použití v dostupnostních analýzách představuje  $h(n)$  nejčastěji přímá (vzdušná) vzdálenost.

Při běhu algoritmu je dodržována fronta u množiny nenavštívených uzlů, která vychází z jejich ohodnocení funkcí  $f(n)$ . Čím menší je hodnota  $f(n)$ , tím má uzel vyšší prioritu. V každém kroku algoritmu je uzel s nejvyšší prioritou odebrán z fronty a jsou spočítány hodnoty  $f(n)$  a  $h(n)$  pro jeho sousední uzly. Sousení uzly jsou přidány do fronty. V případě, že ve frontě již jsou a mají nižší hodnoty  $f(n)$  a  $h(n)$ , jsou jejich hodnoty nahrazeny nižšími. Algoritmus končí v okamžiku, kdy konečný uzel nemá menší hodnotu  $f(n)$  než libovolný jiný uzel z fronty, nebo dokud není tato fronta prázdná. Hodnota  $f(n)$  koncového uzlu představuje délku nejkratší cesty grafem. Hlavní předností je nižší výpočetní rychlost, což je umožněno vyhledáváním menšího počtu uzlů. Na druhou stranu nelze při použití heuristického algoritmu garantovat nalezení nejkratší cesty pro všechny případy (Lester 2005).

## 2.7 Parametry sítě

Nejdůležitějším parametrem ovlivňujícím transport v rámci dopravní sítě je průměrná rychlost. Pro modelování dopravní dostupnosti je klíčové určení těchto rychlostí pro různé typy komunikací v dopravní síti. Na průměrnou rychlost má vliv mnoho faktorů, ty nejdůležitější představuje Obr. 2. Nejpodstatnějším je typ silnice, od kterého se odvíjí řada

dalších faktorů (Hudeček 2008). Řada ze zmíněných faktorů lze do modelování dostupnosti zahrnout pouze omezeně. Je však nutné si uvědomit, že modelování je zohledněním dopravní situace za průměrných podmínek. Tudíž by ani nemělo být cílem brát v potaz náhodné jevy jako jsou nehody, dopravní kongesce, extrémní počasí apod.

V této práci mezi zahrnuté faktory patří třída silnice a poloha komunikace v intravilánu resp. extravilánu. Šířka silnice nebyla z důvodu neexistence tohoto atributu ve vstupních datech do tvorby modelu silniční sítě začleněna. Jelikož úzce souvisí s třídou silnice, není její zanedbání příliš podstatné pro celkovou přesnost. Pro ohodnocování sítě průměrnými rychlostmi nebyly zahrnuty faktory jako klikatost nebo podélný sklon komunikací vzhledem k velmi vysoké výpočetní náročnosti u analýzy na úrovni celé republiky.



Obr. 2: Faktory ovlivňující průměrnou rychlost na silnicích (Hudeček 2008)

### 3 DATA A METODIKA

Před prováděním síťových analýz je nezbytným předcházejícím krokem výběr a příprava vhodných datových sad, na jejichž kvalitě do značné míry závisí i konečné výsledky. Nepostradatelnými pro prováděné analýzy jsou liniová vrstva silniční sítě a bodová vrstva zdravotnických zařízení. Pro vyhodnocení a kvantifikaci dopadů zhoršené dostupnosti na obyvatelstvo je využita také bodová vrstva základních sídelních jednotek (ZSJ), která poskytuje větší prostorové rozlišení než vrstvy obcí nebo částí obcí. Hlavním kritériem pro výběr dat byla jejich volná dostupnost na internetu, nebo aby byly k dispozici pro studijní účely na školním serveru. Pro veškeré úpravy dat a provádění následných síťových analýz byl použit program ArcGIS verze 10.2 od firmy ESRI, konkrétně aplikace ArcMap a ArcCatalog. Program byl využit včetně veškerých dalších extenzí, pro účely

práce šlo především o extenzi Network Analyst.

Konkrétními datovými zdroji jsou:

- liniové vrstvy silniční sítě Česka a sousedních zemí z OpenStreetMap
- bodové vrstvy zdravotnických zařízení za jednotlivé lékařské obory nebo služby (vlastní tvorba)
- bodové vrstvy ZSJ a obcí z databáze ArcČR 500 od společnosti ARCDATA Praha
- polygonové vrstvy zastavěných oblastí v Česku a v okolí hranic z databáze ČR150 od společnosti CEDA

Postup při analyzování dostupnosti v této práci lze shrnout do několika základních kroků:

- příprava dat silniční sítě
- vytvoření síťového datasetu, nastavení konektivity a síťových atributů
- tvorba zón obslužnosti jednotlivých zdravotnických zařízení
- identifikace oblastí se zhoršenou dostupností
- vyhodnocení časové dostupnosti vzhledem k obyvatelstvu

### **3.1 Příprava dat silniční sítě**

Použitá vrstva silnic byla stažena (dne 23. 3. 2014) z webových stránek společnosti Geofabrik GmbH, která poskytuje zdarma základní data z OpenStreetMap ve formátu shapefile. Pro účely této práce byla vybrána data OSM zejména díky rozlišení silniční sítě až do úrovně ulic. Tento faktor může být při zkoumání dojezdových dob ve velkých městech nezanedbatelný. Nástrojem pro kontrolu topologie v aplikaci ArcCatalog bylo zjištěno minimum míst v silniční síti nevyhovujících pravidlům Must not self overlap a Must be single part. Topologickou přesnost dat je tudíž možné považovat za vyhovující. V neposlední řadě je výhodou také aktuálnost takto udržovaných dat, což ukázala i kontrola úseků, které byly dokončené teprve v druhé polovině roku 2013. Šlo zejména o důležité stavby dálnic, rychlostních komunikací a silnic 1. třídy, konkrétně o úseky: dálnice D3 Tábor – Veselí nad Lužnicí, rychlostní silnice R7 Vysočany – Nové Spořice, silnice I/37 Březhrad – Opatovice nad Labem a silnice I/13 Stráž nad Nisou – Krásná Studánka. Pro přesné výpočty v pohraničních oblastech Česka bylo také nutné zahrnout části silničních sítí z okolních zemí, které dojíždějí v praxi mohou využívat. K tomu posloužilo vytvoření polygonu přesahujícího státní hranici o 20 km pomocí funkce Buffer. Poté byly vrstvy silničních sítí Slovenska, Rakouska, Bavorska, Saska a Polska ořezány tímto novým polygonem za využití funkce Clip. Spojení všech vrstev silnic do jedné pak umožnila funkce Merge.

Existuje několik základních úkonů, které je potřeba provést předtím, než jsou data silniční sítě připravena pro použití v dopravním modelování. Jako 2 nejzákladnější kroky udávají Israelsen a Frederiksen (2005): (1) výběr pouze podstatných kategorií komunikací a (2) doplnění chybějících atributů jednotlivých segmentů silniční sítě z dodatečných zdrojů. Omezení výběru na silnice vyšších řádů umožňuje fakt, že při výpočtech se využívá právě těchto rychlejších komunikací. Případné nepřesnosti jsou vykazovány pouze v místech s nízkou hustotou těchto silnic, což není případ Česka (Hudeček 2008). Výběr kategorií komunikací z OSM pro potřeby této práce zahrnuje typy: motorway, trunk, primary, secondary, tertiary, residential, motorway\_link, trunk\_link, primary\_link, secondary\_link a tertiary\_link. Ekvivalenty v české hierarchii silnic přehledně znázorňuje Tab. 2. U typů komunikací jako je motorway\_link apod., se jedná o úseky spojující silnice s komunikacemi nižšího řádu např. dálniční nájezdy a sjezdy. Dohromady se skládá vrstva silnic použitá v síťových analýzách v této práci z 388 073 úseků komunikací.

OSM roads – type	kategorie komunikací – Česko
motorway	dálnice
trunk	rychlostní silnice
primary	silnice 1. třídy
secondary	silnice 2. třídy
tertiary	silnice 3. třídy
residential	ulice
motorway_link trunk_link primary_link secondary_link tertiary_link	úseky spojující silnice s komunikacemi nižších řádů

Tab. 2: Kategorie komunikací (OSM, vlastní tvorba)

Pro ohodnocení úseků silniční sítě průměrnými cestovními rychlostmi bylo v prvním kroku nutné rozlišit komunikace na procházející a neprocházející obcemi. Vhodným způsobem jak toho docílit, je využít polygonových vrstev zastavěných oblastí z databáze ČR150. Problém nastává ve chvíli, kdy úsek silnice překračuje hranici polygonu zastavěného území a nelze ho tak jednoznačně identifikovat jako silnici v obci nebo mimo obec. Proto byly pomocí funkce Select Layer by Location vybrány ty segmenty komunikací, které leží v zástavbě a byl jim přiřazen nový atribut. Použitá metoda výběru byla Have their center in, jelikož se při testování ukázala jako nejvhodnější z nabízených.



U liniových prvků tato metoda vybírá úseky, jejichž prostřední bod (midpoint) leží uvnitř polygonu zastavěného území. K úsekům silnic v intravilánu byly přiřazeny také všechny ulice, které předchozí metoda nezahrnula. Naopak úseky dálnic a dálničních sjezdů byly jednotně zahrnuty k silnicím v extravilánu.

### 3.2 Určení průměrných rychlostí

Stanovení průměrných rychlostí se odvíjelo od dvou dříve zmíněných základních parametrů, a to vedení silnice v zástavbě nebo mimo ni a od typu komunikace. Dalším důležitým kritériem, kterého bylo využito, je maximální povolená rychlost. Tento údaj obsahuje značné množství úseků z použité silniční sítě z OSM. Maximální povolené rychlosti byly využity zejména při stanovování průměrných cestovních rychlostí u komunikací typu `motorway_link`, `trunk_link` a dalších spojovacích úseků. Určené průměrné rychlosti přehledně ukazuje Tab. 3. Z důvodu minimálního vlivu na výsledky analýz, byly rychlosti určené pro české silnice přiřazeny také komunikacím v přeshraničních oblastech.

typ komunikace	průměrná rychlost (km/h)	
	extravilán	intravilán
dálnice	115	-
rychlostní silnice	105	65
silnice 1. třídy	70	35
silnice 2. třídy	60	30
silnice 3. třídy	35	25
ulice	-	20
<code>motorway_link</code>	50	-
<code>trunk_link</code>	40	40
<code>primary_link</code>	40	30
<code>secondary_link</code>	30	20
<code>tertiary_link</code>	20	20

Tab. 3: Průměrné rychlosti podle komunikací (vlastní šetření)

Dálnicím přiřazuje ve své práci Hudeček (2008) rychlosti 115 a 120 km/h v závislosti na počtu jízdních pruhů. Jelikož se na území Česka vyskytuje pouze jeden úsek tříproudové dálnice (D1 Praha – Mirošovice), byla všem dálnicím jednotně určena průměrná rychlost 115 km/h. Pro kontrolní srovnání bylo využito výpočtu průměrné rychlosti pomocí volně dostupných plánovačů tras (route plannerů) na internetu. Šlo konkrétně o ViaMichelin, Plánovač cest Škoda, Google maps a Mapy.cz. Za stejně zvolený úsek dálnice vycházely v plánovačích tras hodnoty mezi 112 – 120 km/h, tudíž zvolená



hodnota se jeví jako reprezentativní.

Pro rychlostní silnice v extravilánu byl zvolen průměr hodnot určených Hudečkem (2008), a to 105 km/h. U route plannerů se výsledné průměrné rychlosti pohybovaly v rozpětí 103 – 117 km/h, ale s převahou nižších hodnot. Proto byla hodnota 105 km/h ponechána. Silnice 1. až 3. třídy byly ohodnoceny rychlostmi na základě syntézy poznatků ze studií od Brainard et al. (1997); Brabyn, Skelly (2002) viz Tab. 4 a Hudeček (2008). Výstupy ze všech route plannerů se zde ukázaly jako výrazně předimenzované. Úseky spojující komunikace se silnicemi nižších řádů byly ohodnoceny na základě výskytu hodnot v jejich atributu "maxspeed". Modus těchto hodnot byl snížen vždy o 5-10 km/h a následně byly rychlosti upraveny podle hierarchie typů komunikací, na které navazují.

typ komunikace	průměrná rychlost (km/h)
sealed urban roads	30
urban motorway	80
non urban, 2 lanes, sealed, straight roads	80
non urban, 2 lanes, sealed, bendy roads	60
non urban, 1 lane, sealed, straight roads	70
non urban, 1 lane, sealed, bendy roads	40
metalled straight roads	50
metalled bendy roads	30

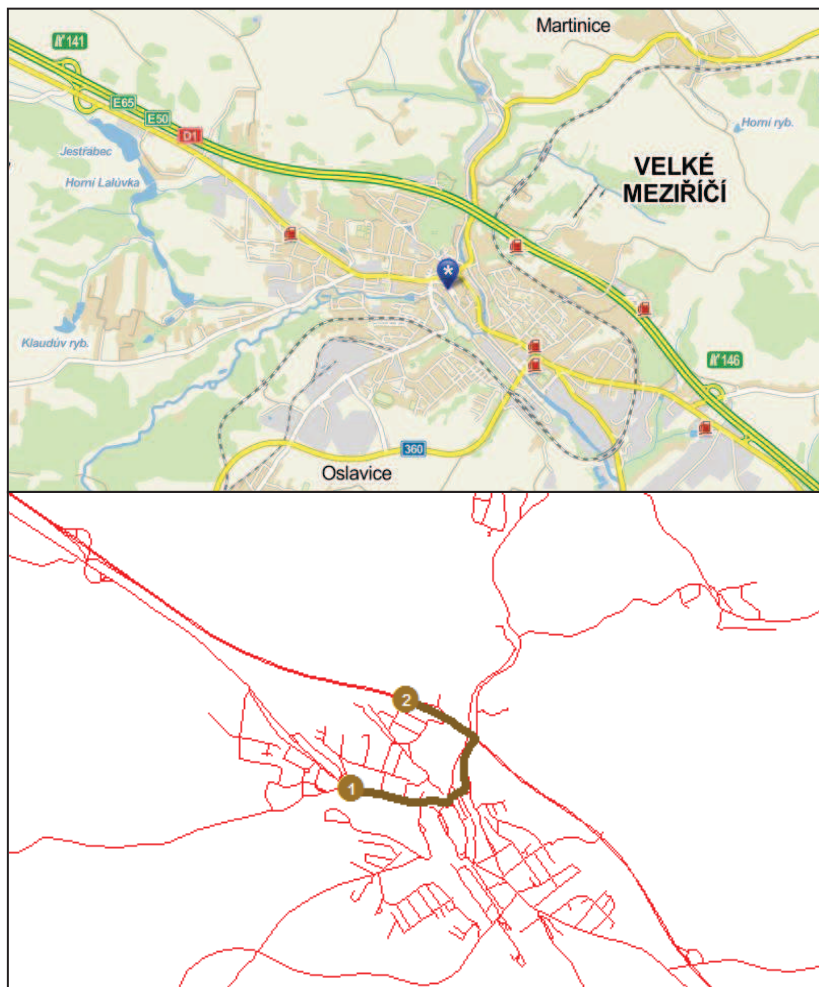
Tab. 4: Průměrné rychlosti na Novém Zélandu (Brabyn, Skelly 2002)

### 3.3 Tvorba síťového datasetu

Pro provádění síťových analýz v programu ArcGIS je nutné vytvořit tzn. síťový dataset. Ten je možné vytvořit dvěma způsoby. Pro vytvoření jednoduchého datasetu sestávajícího z jednoho dopravního módu lze využít samostatného souboru liniové silniční sítě ve formátu shapefile. Více možností nabízí vytváření síťového datasetu v geodatabázi. V rámci jednoho datasetu je možné pracovat jak s více liniovými vrstvami, tak s bodovými prvky. Rozdílné liniové třídy prvků mohou představovat různé dopravní sítě odpovídající odlišným dopravním módům (např. ulice, linky metra, autobusové linky). Bodové vrstvy pak reprezentují místa, kde se způsob dopravy mění (např. stanice metra, železniční zastávky).

Důležitým nastavením při tvorbě je definování konektivity v rámci síťového datasetu. Zde vyvstal podstatný problém s použitými daty silniční sítě z OSM. Vzhledem ke způsobu napojování jednotlivých úseků nebylo možné využít volby Connectivity Policy > End Point, která je pro síťové analýzy výhodnější. Bylo nutné zvolit napojování segmentů

silniční síť v libovolném vertexu (možnost "Any Vertex"). S tím se objevil nový problém v místech vedení pozemních komunikací pod mosty a nad tunely stejně tak, jako v případě mimoúrovňového křížení dálnic a rychlostních silnic s komunikacemi nižších řádů mimo nájezdy a sjezdy. Tato místa byla nyní brána jako křižovatky, kde lze odbočovat, jak ilustruje Obr. 3.



Obr. 3: Chybné napojení při cestě z místa 1 do 2 (Mapy.cz, vlastní tvorba)

Řešením, které tato konfliktní místa odstraní, se ukázalo rozdělení silniční sítě na tři samostatné vrstvy:

- (1) vrstva obsahující dálnice a rychlostní silnice
- (2) vrstva všech sjezdů a nájezdů na dálnice a rychlostní silnice
- (3) vrstva všech ostatních komunikací

Rozdělení umožnilo definovat skupiny na základě konektivity tak, že (1) se může napojovat pouze na (2) a zároveň (2) je spojena jen s (3). Výsledkem bylo, že přestože je vertex z (1) prostorově totožný s vertexem z (3), není umožněn přechod ze segmentu sítě z (1) na segment z (3) při průchodu sítí. Dodatečně musely být vytvořeny dvě bodové vrstvy

sloužící jako místa napojení mezi třemi skupinami konektivity příslušejících liniovým vrstvám. To umožnila funkce Intersect při nastaveném parametru Output Type > Point. Řešení neodstranilo konflikty pouze u mostů a tunelů, které se nachází na silnicích první, druhé nebo třetí třídy. Kontrolou všech těchto staveb delších než 500 m bylo zjištěno, že žádné podstatné ovlivnění prováděných analýz nehrozí.

Pro správné fungování je dále nutné nastavit atributy síťového datasetu, které určí možnosti pohybu v síti. Data OSM obsahovala atribut "Oneway" odlišující jednosměrné komunikace od ostatních, a toho bylo využito při tvorbě síťového atributu se stejným názvem. Byl vytvořen síťový atribut sloužící jako restrikce s datovým typem boolean. Hodnota 1 v původních datech označuje jednosměrnou komunikaci s možností pohybu po daném úseku pouze ve směru, jakým byla linie digitalizována, přičemž defaultní hodnota parametru je nastavena na "Prohibited". Pro směr "From – To" bylo nutné nastavit hodnotu na "false", což umožňuje pohyb právě ve směru orientace linie.

Druhým vytvořeným síťovým atributem byl "TravelTime", který vyjadřuje cestovní čas nutný k překonání segmentu silniční sítě. Zvolenými jednotkami byly minuty, datový typ double. Pro úseky sítě je hodnota tohoto atributu počítána pomocí vztahu:

$$(([\text{Shape\_Length}]/1000)/[\text{rychlost}]) * 60$$

kde [Shape\_Length] obsahuje údaj o délce úseku v metrech a [rychlost] údaj o průměrné rychlosti přiřazené úseku sítě v kilometrech za hodinu.

### 3.4 Data o zdravotnických zařízeních

Hlavním zdrojem dat o zdravotnických zařízeních pro účely této práce byl Registr zdravotnických zařízení dostupný na internetových stránkách ÚZIS. Použité údaje pro jednotlivé položky v nové geodatabázi jsou: název zdravotnického zařízení, druh zdravotnického zařízení, smlouva s Všeobecnou zdravotní pojišťovnou (VZP), smlouva s Revírní bratrskou pokladnou (RBP), poštovní směrovací číslo a název obce, kde se zařízení nachází. Jedná se celkově o čtyři třídy prvků reprezentující příslušné skupiny lékařských oborů nebo služeb (ZZ\_urologie, ZZ\_hemodialýza, ZZ\_nefrologie a ZZ\_kardiochirurgie) s rozdílnými dojezdovými dobami, určenými nařízením vlády o místní a časové dostupnosti lékařských služeb (viz Tab. 1). Strukturu záznamů v geodatabázi přehledně ukazuje Tab. 5. Vedlejším zdrojem informací o smlouvách s Revírní bratrskou pokladnou byla aplikace "Vyhledání lékaře" na stránkách této pojišťovny.

Prostorové umístění poskytovatelů zdravotní péče probíhalo rozdílně pro dva případy. U zdravotnických zařízení v Praze a 13 krajských městech lokalizace probíhala s vyšší přesností. Konkrétně vycházela z adres uvedených v Registru zdravotnických zařízení. U těchto měst může toto vyšší rozlišení vést k podstatnému efektu na výsledky analýz,

jelikož se v nich nachází větší počet zdravotnických zařízení často ve značné vzdálenosti od sebe. U všech ostatních obcí byla zdravotnická zařízení ztotožněna s vrstvou definičních bodů obcí z databáze ArcČR 500, kde k významným prostorovým odchylkám nedochází.

Pro účely analýz prostorové dostupnosti bylo přistoupeno v průběhu tvorby ke generalizaci počtu zdravotnických zařízení v databázi. V případě, že se na totožné adrese (v krajském městě) nebo ve stejné obci (jiná než krajská města) nachází více než jedno zařízení poskytující stejnou službu, byl do databáze uložen pouze 1 záznam. Název a druh zařízení v těchto případech odpovídá hierarchicky vyššímu druhu zařízení, příp. zařízení s větším počtem uzavřených smluv se zdravotními pojišťovnami. Údaje o smlouvách se zdravotními pojišťovnami jsou pak u daného záznamu sjednocením uzavřených smluv všech zdravotnických zařízení v tomto místě. Celkový počet zdravotnických zařízení v databázi tedy není údajem vypovídajícím o přesném počtu zdravotnických zařízení v Česku.

field name	data type	domain
NAZEV_ZZ	text	-
DRUH_ZZ	short integer	code 1 – fakultní nemocnice code 2 – nemocnice code 3 – nemocnice následné péče code 4 – sdružené ambulantní zařízení – velké code 5 – sdružené ambulantní zařízení – malé code 6 – samostatná ordinace lékaře specialisty code 7 – zdravotnické středisko code 8 – ostatní odborné léčebné ústavy code 9 – hemodialyzační středisko
SMLOUVA_111	short integer	code 1 – ano code 2 – ne
SMLOUVA_213	short integer	code 1 – ano code 2 – ne
PSC	double	-
NAZEV_OBCE	text	-

Tab. 5: Záznamy v geodatabázi (vlastní tvorba)

### 3.5 Použité metody

Hlavní metodou použitou v této práci je tvorba tzv. zón obslužnosti, tedy spádových oblastí pro jednotlivá zdravotnická zařízení. Pokud je použitou mírou dostupnosti cestovní čas, nazývají se hranice těchto zón izochrony. Izochrony představují linie konstantního

času měřeného z bodového centra (Gatrell 1983, In Brainard et al. 1997). Složením oblastí představujících stanovená časová rozmezí dohromady získáme izochronní povrch, který lze přehlednou a názornou formou vizualizovat pomocí izochronní mapy. Zóny obslužnosti jsou v této práci vytvořeny funkcí New Service Area, která je součástí extenze Network analyst softwaru ArcGIS. Princip spočívá v přepočtu alokovaných hran sítě do datové struktury TIN tak, že je namísto nadmořské výšky použita hodnota cestovní čas vypočtený algoritmy vyhledávajícími nejkratší cestu po hranách v síti. Z výsledné sítě TIN jsou vybrány jako zóny obslužnosti ty oblasti, které spadají do zadaných časových intervalů (Delamater et al. 2012). Při vytváření obslužných zón je potřeba nastavit v softwaru hraniční hodnoty časové dostupnosti, pro které budou výsledné polygony generovány. Hodnoty byly zvoleny tak, aby nejvyšší odpovídala maximální dojezdové době stanovené zákonem a ostatní umožnily získání detailnější představy o prostorovém uspořádání časové dostupnosti v rámci Česka. Z analýzy je tak možné vyhodnotit, zda potenciálně existuje možnost stanovení nižší dojezdové doby. Změněným parametrem oproti defaultnímu nastavení byla volba směru "Towards Facility", tedy k zařízení. Pro výsledné polygony byla zvolen typ "Generalized", zakázána volba "Trim Polygons" a zvolena možnost sloučení "Merge by break value". Výstupem této části práce je celkem 8 map s izochronami oddělujícími jednotlivé dostupnostní zóny, a také 8 tabulek ukazujících podíl jednotlivých obslužných zón na rozloze a obyvatelstvu Česka.

### **3.6 Stanovení zón zhoršené dostupnosti**

Území Česka, která nespádají pod horní mez časového intervalu, byly následně označeny jako oblasti se zhoršenou dostupností. Využitím funkce Erase byly z polygonu celého Česka získány oblasti, které žádná z vygenerovaných zón obslužnosti nezahrnuje. K vyhodnocení počtu obyvatel, žijících v těchto oblastech, slouží operace překrytí (overlay) s vrstvou základních sídelních jednotek. Územím se zhoršenou dostupností byl přiřazen vždy souhrnný počty obyvatel, podíl na obyvatelstvu a rozloze Česka a pro přehlednost také číslo a stručný popis. Číslo oblasti umožňuje rozpoznat jednotlivá území také v mapách obslužných zón. Tab. 6–12 znázorňují charakteristiky oblastí se zhoršenou dostupností, které byly identifikovány při tvorbě zón obslužnosti. Vybrány byly pouze území s určitým minimálním počtem obyvatel, který je různý napříč obory.

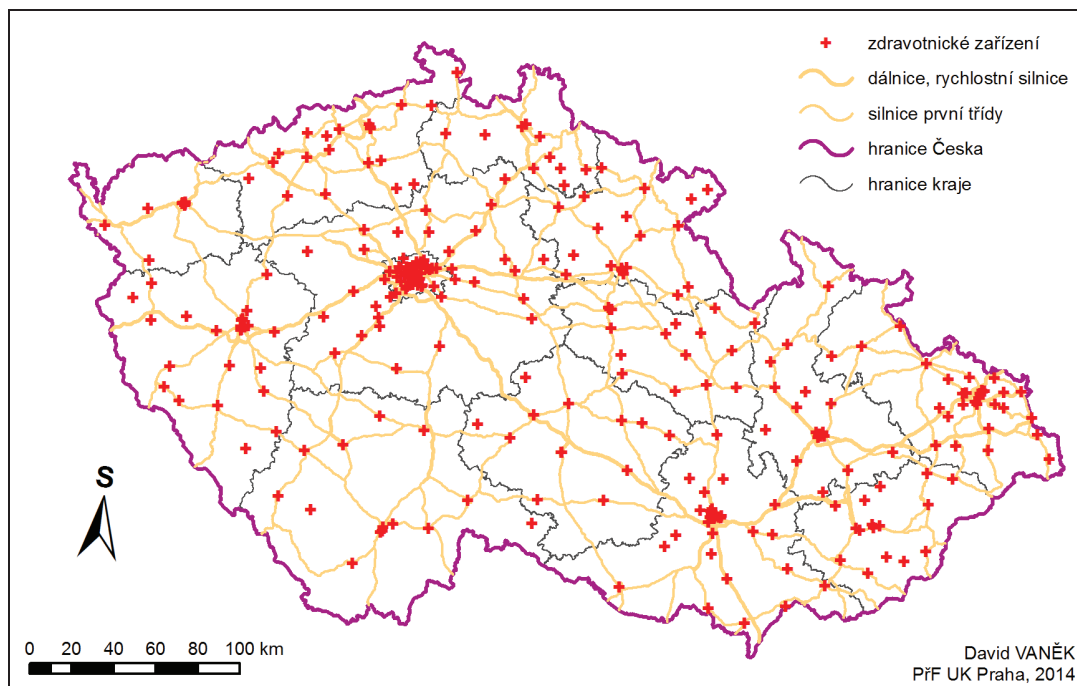
## **4 VÝSLEDKY**

### **4.1 Rozmístění zdravotnických zařízení podle oborů**

Celkem bylo při tvorbě databáze lokalizováno 318 zdravotnických zařízení poskytujících služby v oboru urologie, 100 s oborem hemodialýza, 118 s oborem nefrologie a 12 s oborem kardiochirurgie. Lze říci, že s vyšší mírou specializace oboru a

celkovým menším počtem zdravotnických zařízení, jsou lékařské služby umisťovány do hierarchicky vyšších center osídlení.

Téměř šestina zdravotnických zařízení, které mají urologické oddělení nebo pracoviště, se nachází na území Prahy (53). Nadprůměrný počet těchto zařízení je také v Středočeském (30), Plzeňském (26), Jihomoravském (36) a Moravskoslezském kraji (33). Dohromady je v těchto pěti krajích zřízena více než polovina urologických oddělení (53 %), což odpovídá jejich nadprůměrné populační velikosti. Výjimku představuje kraj Plzeňský. Výrazně podprůměrný počet se vyskytuje v Libereckém kraji, Karlovarském kraji a v kraji Vysočina, což jsou zároveň tři kraje s nejmenším počtem obyvatel. Nachází se téměř v každém bývalém okresním městě, a také v dalších významnějších regionálních centrech. Z celorepublikového pohledu se jeví prostorové rozložení zdravotnických zařízení jako ne zcela optimální v jižních Čechách, na pomezí Středočeského kraje a kraje Vysočina, na pomezí Karlovarského a Plzeňského kraje, na jihu Moravy a na severu Olomouckého kraje (viz Obr. 4).

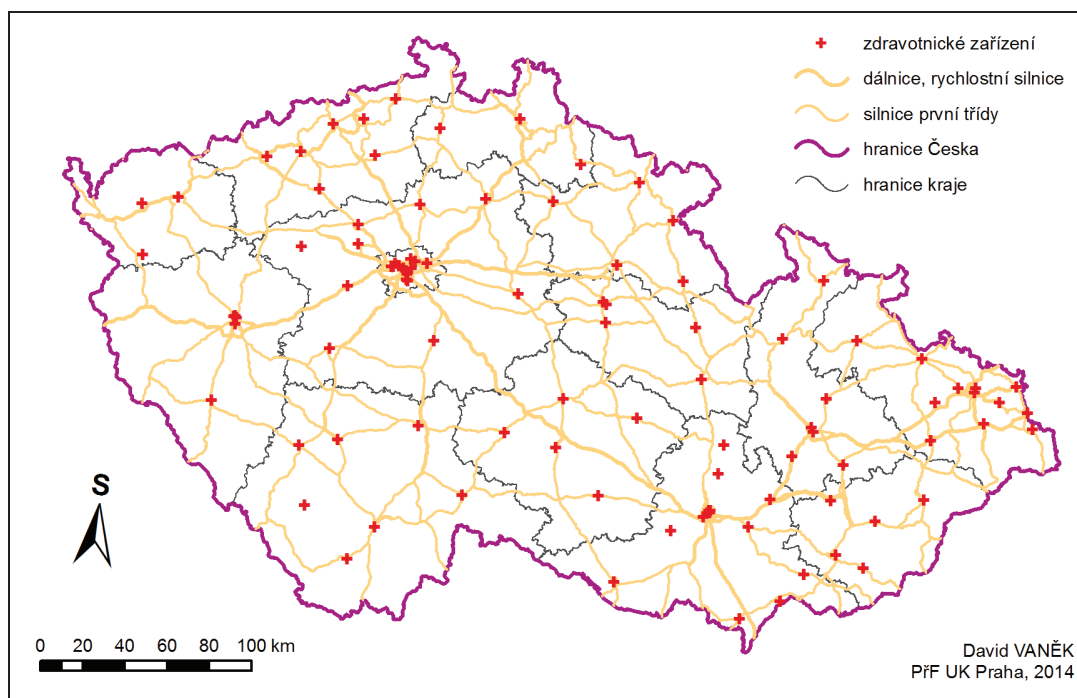


Obr. 4: Mapa rozmístění zdravotnických zařízení s oborem urologie (ÚZIS, OSM, ArcČR 500)

U zdravotnických zařízení poskytujících služby v oboru hemodialýzy, lze pozorovat podobný prostorový vzorec jako u urologických služeb. Nejvíce se jich znovu vyskytuje v Praze (13), Středočeském (9), Jihomoravském (14) a Moravskoslezském kraji (12). Naopak nejméně jich je v Karlovarském a Libereckém kraji (oba 3). Nenajdeme téměř žádná zdravotnická zařízení mimo bývalá okresní města. Výjimky tvoří nemocnice obsluhující významné spádové oblasti jako jsou např. v Jilemnici nebo v Novém Městě na Moravě. Oblasti s potenciální nedostupností k těmto službám mohou být v Plzeňském kraji



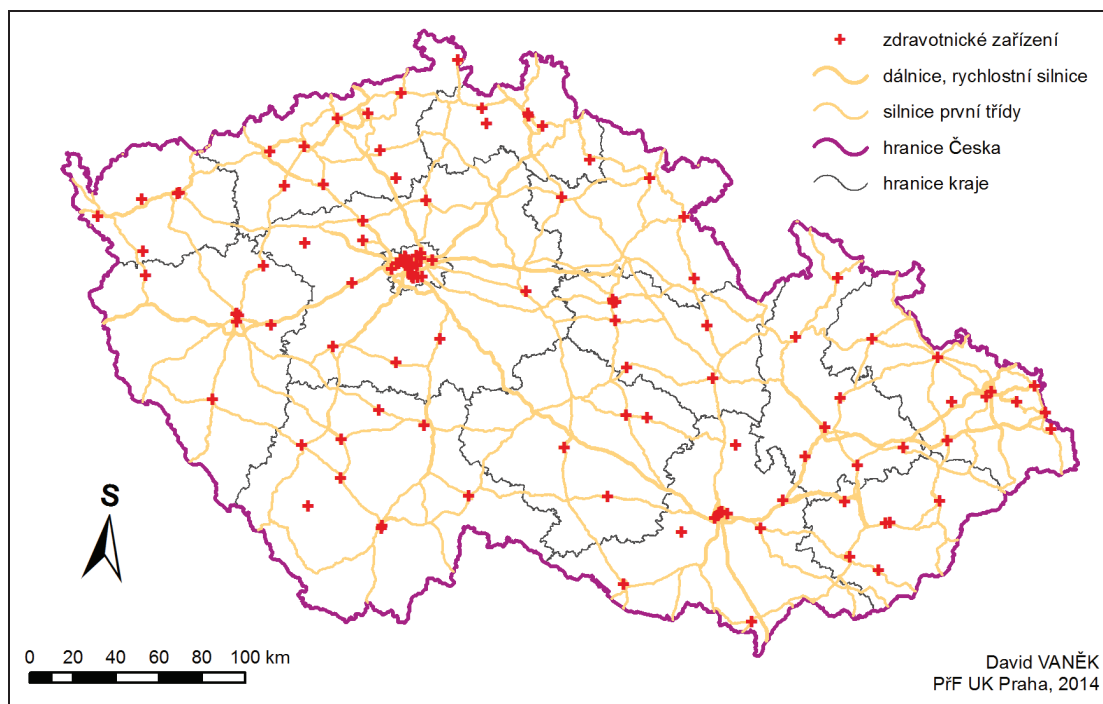
a v jižní části Jihomoravského kraje (viz Obr. 5).



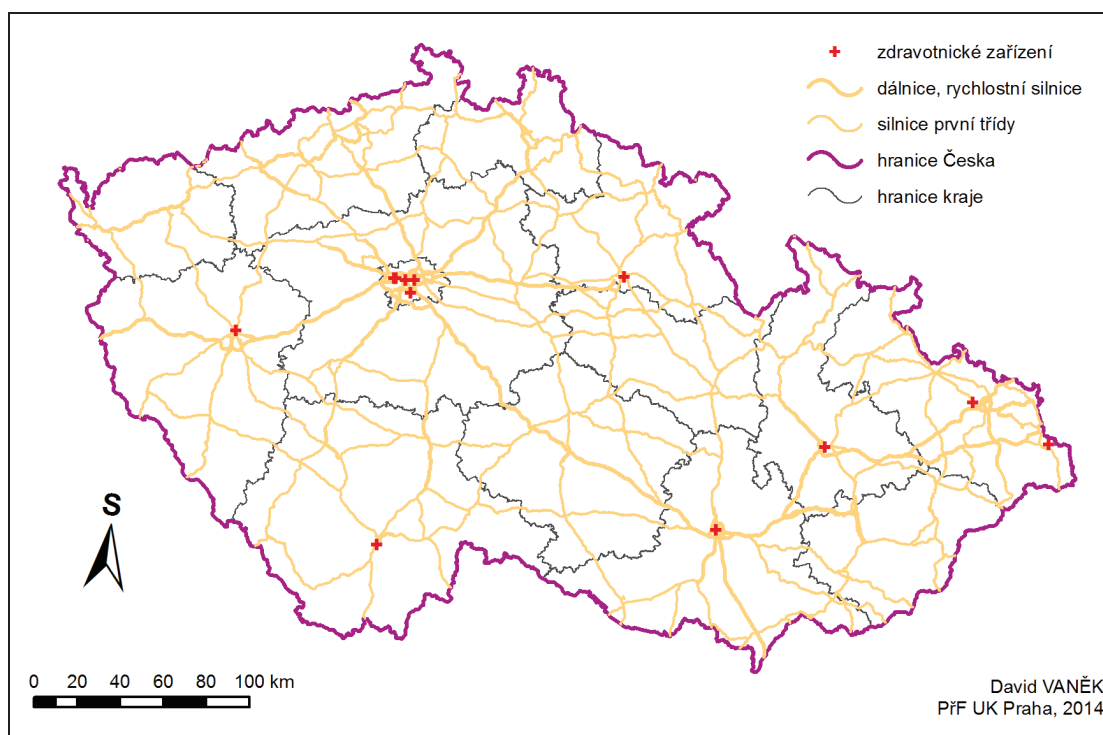
Obr. 5: Mapa rozmístění zdravotnických zařízení s oborem hemodialýza (ÚZIS, OSM, ArcČR 500)

Překvapujícím zjištěním byl, vzhledem k o 30 minut delší zákonné dojezdové době, četný výskyt zdravotnických zařízení s nefrologickými pracovišti, kterých je dokonce více než těch s oborem hemodialýza. Z velké části se jedná o zařízení ve stejných obcích jako u hemodialýzy, někde se nachází i v menších regionálních centrech např. v Plané, Hlinsku nebo Hranicích. Nejčetněji se vyskytují znovu v Praze (21), Jihomoravském (12), Moravskoslezském (10) a také Ústeckém kraji (10). Pouhé čtyři zařízení se nachází v kraji Vysočina a v Královéhradeckém kraji. V Karlovarském kraji jde o 5 zdravotnických zařízení. Méně husté prostorové rozmístění lze vypočítat v příhraničních oblastech Jihočeského a Plzeňského kraje, v severovýchodní části Středočeského kraje a na jihu Moravy (viz Obr. 6).

Nejméně je na území Česka zdravotnických zařízení s oborem kardiologie. Provozování těchto služeb je vázáno téměř výhradně na krajská města, výjimku představuje nemocnice v Třinci. V pěti případech jde o nemocnice na území Prahy, u celkem sedmi zařízení je poskytovatelem těchto služeb fakultní nemocnice. Jako problémové oblasti z hlediska časové dostupnosti do 2 hodin se jeví severní a severozápadní pohraničí Čech a jihovýchod Moravy (viz Obr. 7).



Obr. 6: Mapa rozmístění zdravotnických zařízení s oborem nefrologie (ÚZIS, OSM, ArcČR 500)



Obr. 7: Mapa rozmístění zdravotnických zařízení s oborem kardiochirurgie (ÚZIS, OSM, ArcČR 500)



## 4.2 Časová dostupnost

Zdravotnická zařízení s urologickými pracovišti se smlouvou s VZP jsou obecně velmi dobře dostupná. Pouze u 1,4 % rozlohy a 0,1 % obyvatel Česka přesahuje časová dostupnost hodnotu 45 minut (viz Příloha 1). Podrobnější analýza zón obslužnosti však identifikovala celkem 4 oblasti se zhoršenou dostupností, které přesahovaly svou populační velikostí 1000 obyvatel. Nejvýznamnější je jihočeské pohraničí v oblasti Novohradských hor a okolí Českých Velenic, dohromady s více než 7500 obyvateli (viz Tab. 6). Zdejší obyvatelstvo je nuceno za službami urologa cestovat až do Českých Budějovic nebo Českého Krumlova. Situace u RBP se podstatně liší. Časová dostupnost 45 minut je přesáhnutá u 10,5 % území a 3,6 % obyvatelstva Česka (viz Příloha 2). Nejrozsáhlejší neobsluhovanou oblastí je jihozápadní oblast Čech zahrnující Domažlicko, Klatovsko a Strakonicko. Toto území s téměř 250 000 obyvateli je nedostatečně vybaveno zdravotnickými zařízeními, které by poskytovaly tuto zdravotní službu. Vzhledem k velkému počtu menších oblastí se zhoršenou dostupností, jsou v Tab. 7 zařazeny pouze ty s počtem obyvatel přesahujícím 2000.

č. oblasti	popis oblasti	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
1	Českovelenicko a Novohradské hory	0,54	7514	0,07
2	Ašský výběžek	0,08	2582	0,02
3	Frýdlantský výběžek	0,15	2512	0,02
4	okolí Bítova	0,11	1108	0,01

Tab. 6: Oblasti zhoršené dostupnosti – urologie, VZP (ArcČR 500, vlastní šetření)

č. oblasti	popis oblasti	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
1	Domažlicko, Klatovsko, Strakonicko	7,43	248113	2,38
2	Broumovsko	0,67	50236	0,48
3	Jesenicko, Javornicko	1,17	39145	0,38
4	Šluknovský výběžek	0,29	18260	0,17
5	Ašský výběžek, okolí Plesné	0,22	17455	0,17
6	Frýdlantský výběžek	0,15	2512	0,02

Tab. 7: Oblasti zhoršené dostupnosti – urologie, RBP (ArcČR 500, vlastní šetření)

Časová dostupnost u hemodialýzy je z hlediska smluvních zařízení VZP znovu velmi dobrá. Přes 80 % rozlohy a téměř 95 % obyvatelstva Česka je obsluhováno s dojezdovou dobou nižší než 35 minut (viz Příloha 3). Tvorba zón obslužnosti odhalila 5 neobsluhovaných oblastí, z nichž je největší rozlohou i populačně okolí Nové Bystřice a Českých Velenic (viz Tab. 8). U RBP lze pozorovat větší rozsah neobsluhovaných oblastí, celkem jde o 5,7 % území a 2,1 % obyvatel (viz Příloha 4). Zón zhoršené dostupnosti bylo identifikováno celkem 7 a všechny přesahují počtem obyvatel 2000 (viz Tab. 9). Největší z nich se táhne v pohraničním pásmu od Broumovského výběžku přes Orlické hory až po Kralicko. Druhou populačně velkou oblastí je pomezí Středočeského a Jihočeského kraje zasahující od Příbrami až ke Strakonici. Jde o jedinou oblast, kterou lze považovat za tzv. vnitřní periferii, protože neleží jako ostatní v pohraničí. V neposlední řadě je potřeba zmínit také rozsáhlé území na Šumavě, zejména v okolí Vimperka.

č. oblasti	popis oblasti	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
1	Novobystřicko a Českovelenicko	0,82	15359	0,15
2	Osoblažsko	0,11	2474	0,02
3	Ašský výběžek	0,08	2452	0,02
4	Český les	0,22	964	0,01
5	Broumovský výběžek	0,07	956	0,01

Tab. 8: Oblasti zhoršené dostupnosti – hemodialýza, VZP (ArcČR 500, vlastní šetření)

č. oblasti	popis oblasti	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
1	Broumovsko a Orlické hory	1,95	116508	1,12
2	Příbram – Strakonice	0,95	49371	0,47
3	okolí Vimperka	1,53	29234	0,28
4	Ašský výběžek	0,12	9461	0,09
5	Český les, 2 části	0,62	7176	0,07
6	Českovelenicko	0,04	3495	0,03
7	Osoblažsko	0,11	2474	0,02

Tab. 9: Oblasti zhoršené dostupnosti – hemodialýza, RBP (ArcČR 500, vlastní šetření)

Smluvní zdravotnická zařízení VZP s oborem nefrologie jsou v rámci Česka nadstandardně dobře časově dostupná. Pro 94 % rozlohy a 99 % populace nepřesahuje dojezdová doba 45 minut, přičemž zákonem je stanovena na 90 minut (viz Příloha 5). Na celém území nebyly identifikovány žádné oblasti se zhoršenou dostupností. V kategorii

nad 90 minut žije pouze nevýznamný počet obyvatel v řádu jednotek. Vzhledem k vysokému podílu obyvatel s dostupností do 45 minut, je na místě zvážení redukce sítě smluvních poskytovatelů. Nadbytečná se jeví vysoká hustota zařízení v Ústeckém kraji a na střední Moravě. Případné redukci by však musely předcházet další analýzy optimalizace sítě zdravotnických zařízení s ohledem na dopad na obyvatelstvo. V případě RBP je časová dostupnost horší než 90 minut s celkem 2,9 % rozlohy a 0,5 % obyvatel (viz Příloha 6). Celkem byly tvorbou obslužných zón vyčleněny dvě oblasti se zhoršenou dostupností, jak lze vidět v Tab. 10. Podstatný počet obyvatel žije zejména v pohraniční oblasti jižních Čech zahrnující Prachaticko a okolí Českého Krumlova. Prostor pro rozšíření sítě poskytovatelů je také na Broumovsku.

č. oblasti	popis oblasti	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
1	Prachaticko a Českokrumlovsko	2,68	51211	0,49
2	Broumovský výběžek	0,16	3287	0,03

Tab. 10: Oblasti zhoršené dostupnosti – nefrologie, RBP (ArcČR 500, vlastní šetření)

Situace pro kardiochirurgická pracoviště je u obou sítí smluvních zdravotnických zařízení podobná, protože se liší pouze u jednoho poskytovatele. Tím je Centrum kardiovaskulární a transplantační chirurgie v Brně, které má smlouvu pouze s VZP. Byla zjištěna maximální rozloha a počet obyvatel neobsluhovaných území ze všech sledovaných lékařských oborů pro VZP, a to 2,3 % a 1,2 % (viz Příloha 7). V případě RBP jde 3,6 % rozlohy území a 1,5 % obyvatelstva Česka (viz Příloha 8). Byly identifikovány 4 oblasti se ztíženou dostupností. Jak lze vyčíst z Tab. 11, populačně největší s půl procentem obyvatel Česka je Šluknovský výběžek, odkud musí pacienti za touto službou dojíždět do Prahy. V případě Javornického výběžku je dojezdová doba obyvatel více než dvě hodiny do Olomouce případně Ostravy. Změnou oproti VZP je pro RBR u výstupu analýzy zón obslužnosti vytvoření nové oblasti se zhoršenou dostupností (Moravskobudějovicko) a zvětšení územní a populační velikosti u oblasti na jihovýchodě Moravy, která je nově označena jako Bílé Karpaty (viz Tab. 12). Sítě obou zdravotních pojišťoven trpí zejména neexistujícím zdravotnickým zařízením s oborem kardiochirurgie v Ústí nad Labem, které by obsluhovalo zdejší početnou populaci.

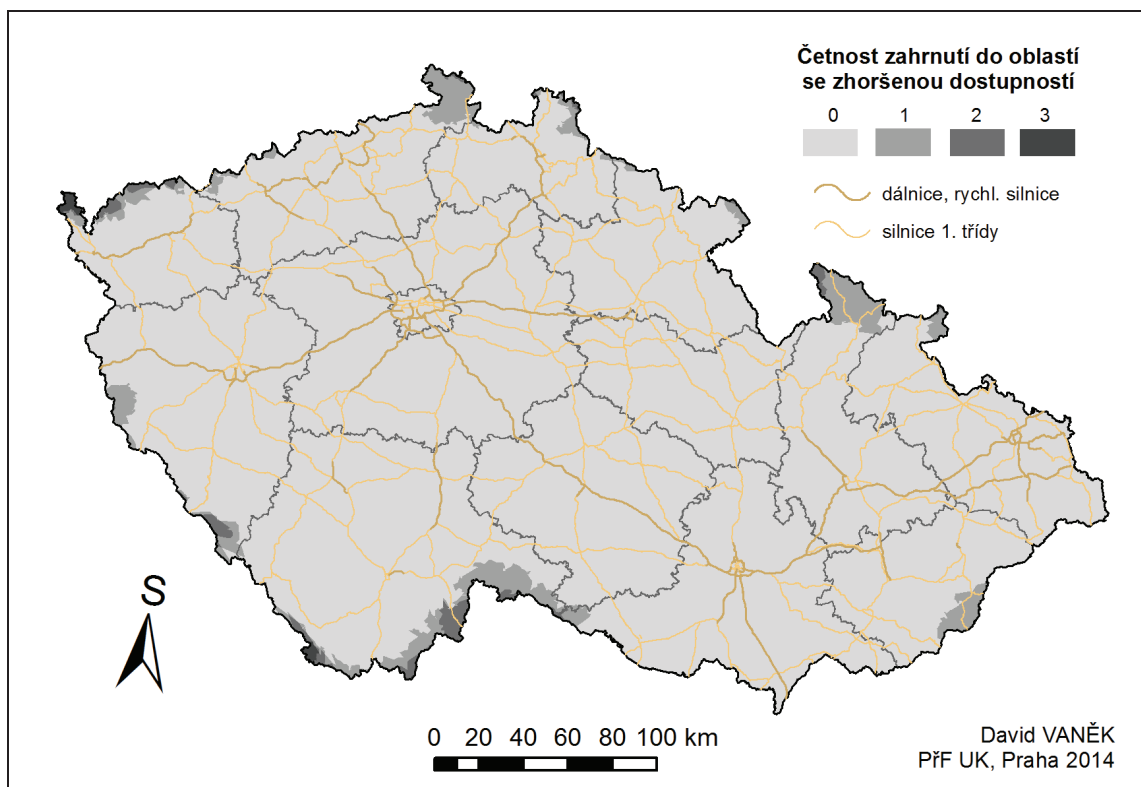
č. oblasti	popis oblasti	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
1	Šluknovský výběžek	0,54	52184	0,50
2	Javornický výběžek	0,67	30503	0,29
3	Ašsko, Kraslicko a Vejprtsko	0,46	22650	0,22
4	Brumovsko – Bylnicko	0,33	21618	0,21

Tab. 11: Oblasti zhoršené dostupnosti – kardiochirurgie, VZP (ArcČR 500, vlastní šetření)

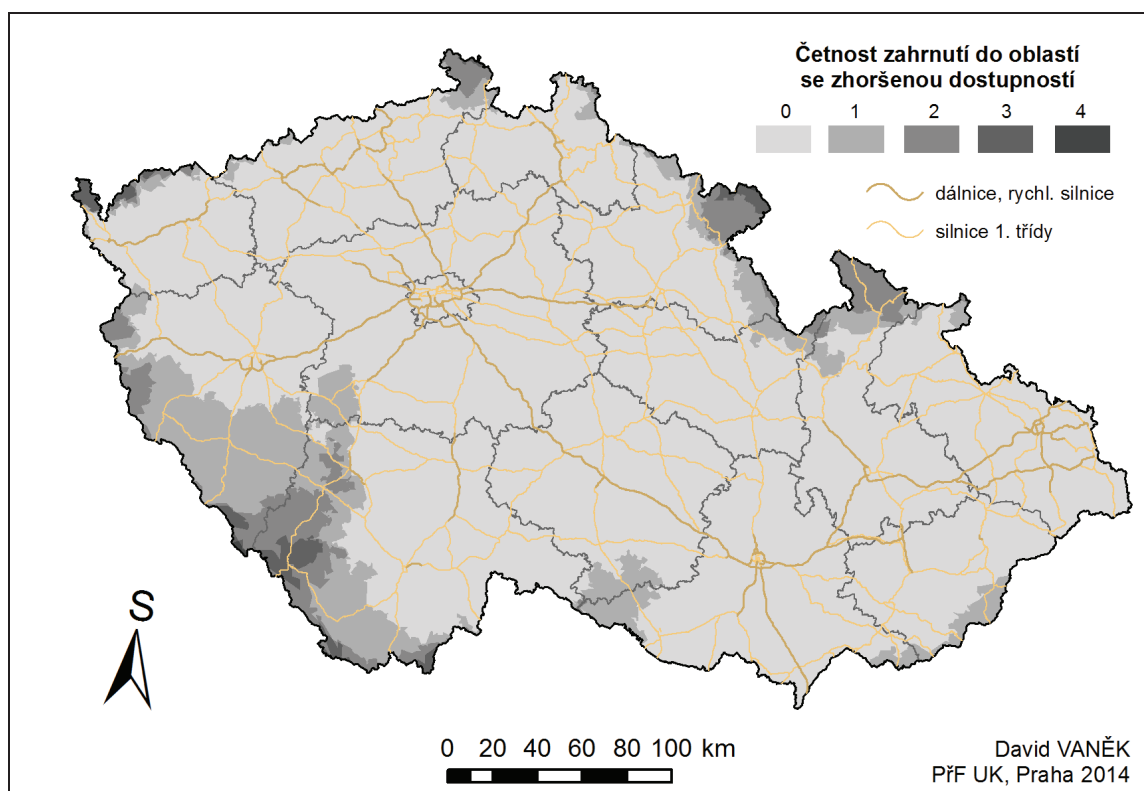
č. oblasti	popis oblasti	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
1	Šluknovský výběžek	0,50	52184	0,50
2	Javornický výběžek	0,70	30503	0,30
3	Moravskobudějovicko	1,01	28155	0,27
4	Bílé Karpaty	0,63	25909	0,25
5	Ašsko, Kraslicko a Vejprtsko	0,50	22650	0,20

Tab. 12: Oblasti zhoršené dostupnosti – kardiochirurgie, RBP (ArcČR 500, vlastní šetření)

Souhrnné hodnocení oblastí se zhoršenou dostupností bylo provedeno překrytím všech čtyř vrstev za jednotlivé zdravotnické obory, aby bylo zjištěno, zda se prostorový vzorec opakuje. Pro území odpovídající síti zdravotnických zařízení VZP se jako celkově nejproblémovější oblasti jeví Ašský výběžek, severní pohraničí Karlovarského kraje, izolovaná území na Šumavě, okolí Českých Velenic a Javornický výběžek (viz Obr. 8). Opakovaně nejhorší dostupností trpí u sítě poskytovatelů RBP Brumovsko, část Novohradských hor, oblasti na Šumavě a opět Ašský výběžek spolu se severními partiemi Karlovarska. Jak lze pozorovat na Obr. 9, dvakrát byly identifikovány také oblasti v Českém lese, Šluknovský a Javornický výběžek. Ve všech případech je zhoršená dostupnost dána špatným napojením oblastí na rychlejší silnice vyšších řádů a tím pádem ztíženou dostupností do regionálních center. Přestože se jedná o výstup z analýz pouze u čtyř zdravotnických oborů, lze, vzhledem k podobné prostorové struktuře sítě zařízení i u dalších služeb, tyto oblasti označit za všeobecně problémové. Při budoucím plánování rozšiřování sítě poskytovatelů by jim měla být věnována zvýšená pozornost.



Obr. 8: Oblasti zhoršené dostupnosti VZP (OSM, ArcČR 500)



Obr. 9: Oblasti zhoršené dostupnosti RBP (OSM, ArcČR 500)

## 5 DISKUZE

Hlavním cílem práce bylo analyzovat dostupnost zdravotní péče osobní automobilovou dopravou na úrovni celého Česka vzhledem ke stanoveným zákonným dojezdovým dobám, a přitom zohlednit smlouvy zdravotnických zařízení se zdravotními pojišťovnami. Doposud v české literatuře nebyla věnována dostatečná pozornost aplikacím síťových analýz v oblasti dostupnosti zdravotnických zařízení. Výjimku představují bakalářské práce zabývající se lékárnami (Navrátil 2008) a zdravotnickou záchrannou službou (Paraj 2012).

Prvotním problémem při vypracování práce se ukázal nesoulad mezi různými datovými zdroji, ze kterých byla vytvářena databáze zdravotnických zařízení. Hlavním zdrojem byl Registr zdravotnických zařízení od ÚZIS, z něhož byla data stažena dne 28. 2. 2014. Kontrola údajů o uzavřených smlouvách s VZP nemohla proběhnout, protože je na svých stránkách narozdíl od RBP neposkytuje. Data v nově zpřístupněné aplikaci "Vyhledávání lékařů" na stránkách RBP se v několika námatkově zjištěných případech neshodovaly s těmi z ÚZIS, a proto byl v případě nesouladu zvolen primárně údaj z Registru zdravotnických zařízení.

Volba použité metodiky v práci vycházela ze studií zabývajících se výzkumem dopravní dostupnosti na obecné úrovni (Brainard et al. 1997, Hudeček 2008, Hudeček 2011). Jako nejvíce relevantní práce, které zkoumají dostupnost samotné zdravotní péče, byly s ohledem na měřítkovou úroveň výzkumu a použité metody vybrány "Geographical accessibility and Kentucky's heart-related hospital services" od autorů Hare a Barcus (2007), "Car travel time and accessibility by bus to general practitioner services: a study using patient registers and GIS" od Lovett et al. (2002) a "Modeling population access to New Zealand public hospitals" od autorů Brabyn a Skelly (2002).

Analýzou ryze prostorového charakteru, sloužící k následné identifikaci oblastí se zhoršenou dostupností, je tvorba zón obslužnosti. Je hojně používána také ve výše zmiňovaných zahraničních publikacích. Vzhledem ke způsobu výpočtu v použitém softwaru (viz kapitola 3.5 Použité metody) docházelo v rámci vygenerovaných zón lokálně k neočekávanému chování funkce Service Area, a to zejména v oblastech s řidší hustotou silniční sítě (pohraniční oblasti). Na výstupy práce však tyto odchylky neměly podstatný vliv. Dalším problémem u této metody je její náročnost na výpočetní čas. Pro kapacitu použitého hardwaru se jako kritické ukázaly výpočty pro zdravotnická zařízení VZP s oborem nefrologie (117 zařízení, 90 minutové zóny) a urologie (312 zařízení, 45 minutové zóny). U nich doba běhu funkce přesáhla 1 hodinu. Určité zpřesnění analýzy by mohla poskytnout volba typu generovaných polygonů na "Detailed". Z hlediska obrovské náročnosti na výpočetní čas se tato možnost ukázala jako nereálná.



## 6 ZÁVĚR

Cíle práce byly v rámci možností splněny. Byla vytvořena databáze zdravotnických zařízení vhodná pro prostorové a zejména pro síťové analýzy. Vzhledem k potřebám práce byly vybírány zařízení podle zvolených zdravotnických oborů, čímž vznikly 4 bodové vrstvy. V několika případech se zařízení v různých vrstvách opakovala a vznikaly tak nadbytečné záznamy. Řešením by mohlo být vytvoření pouze jedné vrstvy, kde by prvky obsahovaly atributy s údaji o všech dostupných zdravotnických oborech v jednom zařízení. Ty by jich však v mnoha případech (např. u fakultních nemocnic) obsahovaly obrovské množství. Následná analýza dostupnosti sítí poskytovatelů zdravotní péče ukázala podstatné rozdíly mezi obory i mezi sledovanými zdravotními pojišťovnami v rámci jednoho oboru. Zákonné dojezdové doby stanovené nařízením vlády č. 307/2012 Sb. byly u všech oborů významněji překračovány u sítě zdravotnických zařízení RBP.

Byla částečně potvrzena první hypotéza o nejvíce zhoršené dostupnosti u oborů ve skupinách se stanovenými dojezdovými dobami do 45 a 60 minut. U Revírní bratrské pokladny byly nejvíce nedostupné právě tyto dva obory. Jednalo se v případě urologie do 45 min o 10,5 % území a 3,6 % obyvatel Česka, pro hemodialýzu do 60 min šlo o 5,7 % rozlohy a 2,1 % obyvatel. Výjimku představovaly hodnoty pro obor kardiochirurgie u VZP, kde bylo 2,3 % území a 1,2 % populace Česka maximem mezi všemi čtyřmi sledovanými službami. Nízké hodnoty pro urologii a hemodialýzu lze vysvětlit podstatně vyšším počtem pojištěnců u největší pojišťovny u nás, pro které je potřeba zajistit hustší síť poskytovatelů těchto méně specializovaných zdravotních služeb. Naproti tomu služby v oboru kardiochirurgie jsou poskytovány na velmi malém počtu pracovišť, které už všechny smluvními zařízeními jsou. Není tak prostor pro rozšíření stávající sítě.

Druhá stanovená hypotéza předpokládající, že oblasti se zhoršenou dostupností budou pohraniční periferní regiony, byla potvrzena. Jedinou výjimkou je identifikované území č. 2 pro obor hemodialýza u RBP rozkládající se severojižním směrem mezi Příbramí a Strakonice. Lze jej však také považovat za periferní oblast i přesto, že leží na rozhraní Středočeského a Jihočeského kraje.

Zásadním faktorem při analýzách tohoto typu je volba konkrétních datových sad a metod. Výstupy práce jsou do značné míry ovlivněny přesností použitých dat. Mohou vznikat drobné nepřesnosti vzhledem ke generalizaci při vytváření databáze zdravotnických zařízení. Také data silniční sítě OSM, která byla vytvářena bez striktního napojování hran v uzlech, se přesto ukázala jako vyhovující. Způsob, jakým tvorba zón obslužnosti funguje v použitém programu, je specifický. Lze očekávat určité změny ve výsledcích při změnách vstupních parametrech nebo v případě použití jiného GIS softwaru pro provádění síťových analýz.

Identifikované oblasti se zhoršenou dostupností mohou být předmětem dalšího

výzkumu. Lze se např. ptát kolik zde žije lidí ve věkové skupině 65 a více let, což je skupina obyvatel nejvíce využívající zdravotní služby a zároveň často se potýkající se zhoršenou mobilitou. Přínosným by také mohl být výzkum, který by modeloval dostupnost zdravotní péče z hlediska skutečných pojištěnců konkrétních zdravotních pojišťoven. Poskytnutí takových údajů by však musely umožnit samotné zdravotní pojišťovny. Všeobecně problematickým faktem v Česku je neexistence zdravotnických dat vhodných pro prostorové analýzy. Vybudování georeferencované databáze zdravotnických zařízení je tím pádem časově náročný úkol.

Tato práce nebere v potaz využití veřejné dopravy při cestování za zdravotními službami. Důvodem pro takové zjednodušení je fakt, že pacienti při cestách za specializovanějšími zdravotními službami využívají častěji osobní automobily. Častou praxí je odvoz automobilem rodinného příslušníka, v případě špatného zdravotního stavu člověka odvoz sanitkou, případně využití taxislužby. V případě studie od Haynes et al. (2006) byl v severní Anglii podíl pacientů s rakovinou cestujících automobilem v rozsáhlém dotazníkovém šetření 87 %. Zároveň je obtížné získat údaj o podílu populace odkázané na využití veřejné dopravy v Česku. Ve Sčítání lidu, domů a bytů 2011 již nebylo zjišťováno vlastnictví automobilu u českých domácností. Nicméně s využitím údajů o spojích veřejné dopravy je možné výzkum v této oblasti dále rozšiřovat.

Je podstatné nezapomínat, že existuje rozdíl mezi potenciální dostupností a skutečným využíváním zdravotních služeb. Využití ovlivňuje celá řada faktorů jako např. kapacita zdravotnických zařízení, délka ordinační doby, délka čekání na ošetření, subjektivní vnímání lékařů i celých zařízení a finanční náklady (Hare, Barcus 2007; Messina et al. 2006). Pacienti tak v praxi nemusí a často ani nenavštěvují časově nejdostupnější zdravotnická zařízení. Síťové analýzy se uplatňují nejen při rozboru stávajícího stavu dostupnosti, ale také v následném plánování optimalizace sítí nejen zdravotnických zařízení. Je možné pracovat s různými scénáři počítajícími s uvažovanou redukcí nebo naopak rozšiřováním sítě v určitých oblastech. Tento typ analýz má velký potenciál v podpoře plánování a rozhodování, v případě zdravotní péče zejména pro zdravotní pojišťovny.



## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CEDA.....	Central European Data Agency
GIS.....	geoinformační systém
ORP.....	obce s rozšířenou působností
OSM.....	OpenStreetMap
RBP.....	Revírní bratrská pokladna
TIN.....	triangulated irregular network
ÚZIS.....	Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR
VZP.....	Všeobecná zdravotní pojišťovna
ZSJ.....	základní sídelní jednotky
ZZS.....	zdravotnická záchranná služba

## 8 SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1: Dojezdová doba vyjadřující místní dostupnost hrazených služeb podle oborů nebo služeb poskytovaných poskytovateli ambulantní péče (nařízení vlády č. 307/2012 Sb.)</i> .....	10
<i>Tab. 2: Kategorie komunikací (OSM, vlastní tvorba)</i> .....	19
<i>Tab. 3: Průměrné rychlosti podle komunikací (vlastní šetření)</i> .....	20
<i>Tab. 4: Průměrné rychlosti na Novém Zélandu (Brabyn, Skelly 2002)</i> .....	21
<i>Tab. 5: Záznamy v geodatabázi (vlastní tvorba)</i> .....	24
<i>Tab. 6: Oblasti zhoršené dostupnosti – urologie, VZP (ArcČR 500, vlastní šetření)</i> .....	29
<i>Tab. 7: Oblasti zhoršené dostupnosti – urologie, RBP (ArcČR 500, vlastní šetření)</i> .....	29
<i>Tab. 8: Oblasti zhoršené dostupnosti – hemodialýza, VZP (ArcČR 500, vlastní šetření)</i> .....	30
<i>Tab. 9: Oblasti zhoršené dostupnosti – hemodialýza, RBP (ArcČR 500, vlastní šetření)</i> .....	30
<i>Tab. 10: Oblasti zhoršené dostupnosti – nefrologie, RBP (ArcČR 500, vlastní šetření)</i> .....	31
<i>Tab. 11: Oblasti zhoršené dostupnosti – kardiochirurgie, VZP (ArcČR 500, vlastní šetření)</i> .....	32
<i>Tab. 12: Oblasti zhoršené dostupnosti – kardiochirurgie, RBP (ArcČR 500, vlastní šetření)</i> .....	32

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Gravitační model</i> .....	13
<i>Obr. 2: Faktory ovlivňující průměrnou rychlost na silnicích (Hudeček 2008)</i> .....	17
<i>Obr. 3: Chybné napojení při cestě z místa 1 do 2 (Mapy.cz, vlastní tvorba)</i> .....	22
<i>Obr. 4: Mapa rozmístění zdravotnických zařízení s oborem urologie (ÚZIS, OSM, ArcČR 500)</i> .....	26
<i>Obr. 5: Mapa rozmístění zdravotnických zařízení s oborem hemodialýza (ÚZIS, OSM, ArcČR 500)</i> .....	27
<i>Obr. 6: Mapa rozmístění zdravotnických zařízení s oborem nefrologie (ÚZIS, OSM, ArcČR 500)</i> .....	28
<i>Obr. 7: Mapa rozmístění zdravotnických zařízení s oborem kardiochirurgie (ÚZIS, OSM, ArcČR 500)</i> ....	28
<i>Obr. 8: Oblasti zhoršené dostupnosti VZP (OSM, ArcČR 500)</i> .....	33
<i>Obr. 9: Oblasti zhoršené dostupnosti RBP (OSM, ArcČR 500)</i> .....	33

## 10 SEZNAM ZDROJŮ

### 10.1 Literatura

- BRABYN, L., SKELLY, C. (2002): Modeling population access to New Zealand public hospitals. *International Journal of Health Geographics*, Vol. 1, No 3.
- BRAINARD, S. J., LOVETT, A., BATEMAN, I. J. (1997): Using isochrone surfaces in travelcost models. *Journal of Transport Geography*. Vol. 5, No 2, pp. 117 – 126.
- Česká republika. Nařízení vlády č. 307/2012 Sb. o místní a časové dostupnosti zdravotních služeb. In 2012 Sb., 2012.
- Česká republika. Zákon č. 48/1997 Sb. o veřejném zdravotním pojištění. In 1997 Sb., 1997.
- Česká republika. Zákon č. 372/2011 o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování. In 2011 Sb., 2011.
- Česká republika. Zákon č. 374/2011 o zdravotnické záchranné službě. In 2011 Sb., 2011.
- DALAMATER, P., MESSINA, J., SHORTRIDGE, A., GRADY, S. (2012): Measuring geographic access to health care: raster and network-based methods. *International Journal of Health Geographics*, Vol. 11, No 15.
- DEMEL, J. (2002): Grafy a jejich aplikace. Academia, Praha, 257 s.
- DE SMITH, M. J., GOODCHILD, M. F., LONGLEY, P. (2007): Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools. Troubador, Leicester, pp. 331 – 382.
- FORTNEY, J., ROST, K., WARREN, J. (2000): Comparing Alternative Methods of Measuring Geographic Access to Health Services. *Health Services and Outcomes Research Methodology*, Vol. 1, No 2, pp. 173 – 184.
- GUAGLIARDO, F. M. (2004): Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges. *International Journal of Health Geographics*, Vol. 3, No 3.
- GUAGLIARDO, F. M., RONZIO, R. C., CHEUNG, I., CHACKO, E., JOSEPH, G. J. (2004): Physician accessibility: an urban case study of pediatric providers. *Health & Place*, Vol. 10, No 3, pp. 273 – 283.
- HALDEN, D., JONES, P., WIXEY, S. (2005): Accessibility analysis literature review. Working paper 3, 55 p.
- HARE, T. S., BARCUS, H. R. (2007): Geographical accessibility and Kentucky's heart-related hospital services. *Applied geography*, Vol. 27, No 3 – 4, pp. 181 – 205.
- HART, P., NILSSON, N., RAPHAEL, B. (1968): A formal basis for the heuristic

determination of minimum cost paths. IEEE Transactions of systems science and cybernetics, Vol. 4, No 2, pp. 100 – 107.

- HAYNES, R., JONES, A. P., SAUERZAPF, E., ZHAO, H. (2006): Validation of travel times to hospital estimated by GIS. International Journal of Health Geographics, Vol. 5, No 40.
- HUDEČEK, T. (2008): Model časové dostupnosti individuální automobilovou dopravou. Geografie – Sborník ČGS, 113, č. 2, s. 140 – 153.
- HUDEČEK, T. (2011): Analysis of the Accessibility of Prague in Czechia in the 1918 - 2020 Period. Hrvatski geografski glasnik, Vol. 73, No 2, pp. 93 – 110.
- ISRAESEN, T., FREDERIKSEN, R. D. (2005): The use of GIS in transport modeling. In: Maguire, D. J., Goodchild, M. F., Batty, M. (ed.): GIS, Spatial Analysis, and Modeling. Esri Press, Redlands, pp. 265 – 287.
- KWAN, M. P. (2004): GIS Methods in Time-Geographic Research: Geocomputation and Geovisualization of Human Activity Patterns. Geografiska Annaler, Vol. 86, No 4, pp. 267 – 280.
- LIU, S., ZHU, X. (2004): An integrated GIS approach to accessibility analysis. Transactions in GIS. Vol. 8, No 1, pp. 45 – 62.
- LOVETT, A., HAYNES, R., SÜNNENBERG, G., GALE, S. (2002): Car travel time and accessibility by bus to general practitioner services: a study using patient registers and GIS. Social Science & Medicine, Vol. 55, No 5, pp. 97 – 111.
- MESSINA, J. P., SHORTRIDGE, M. A., GROOP, R. E., VARNAKOVIDA, P., FINN, M. J. (2006): Evaluating Michigan's community hospital access: spatial methods for decision support. International Journal of Health Geographics, Vol. 5. No 42.
- MCLAFFERTY, S. (2003): GIS and health care. Annual Review of Public Health, Vol. 24, pp. 25 – 42.
- NAVRÁTIL, J. (2008): Modelování dostupnosti lékáren a nízkoprahových center v Česku. Bakalářská práce, PřF UK, 50 s.
- PARAJ, Z. (2012): Analýza dostupnosti a optimalizace výjezdových stanovišť záchranné služby v ČR pomocí nástrojů GIS. Bakalářská práce, PřF UK, 55 s.
- PEŇÁZ, T. (2006): Síťové analýzy v prostředí GIS. Výukový text, HGF VŠB-TUO, 29 s.
- REILLY, W. J. (1931): The law of retail gravitation. Knickerbocker Press, New York, 75 p.
- TEACH, S. J. et al. (2006): Spatial accessibility of primary care pediatric services in an urban environment: Association with asthma management and outcome. Pediatrics, Vol. 117, No 2, pp. S78 – S85.

## 10.2 Datové a online zdroje

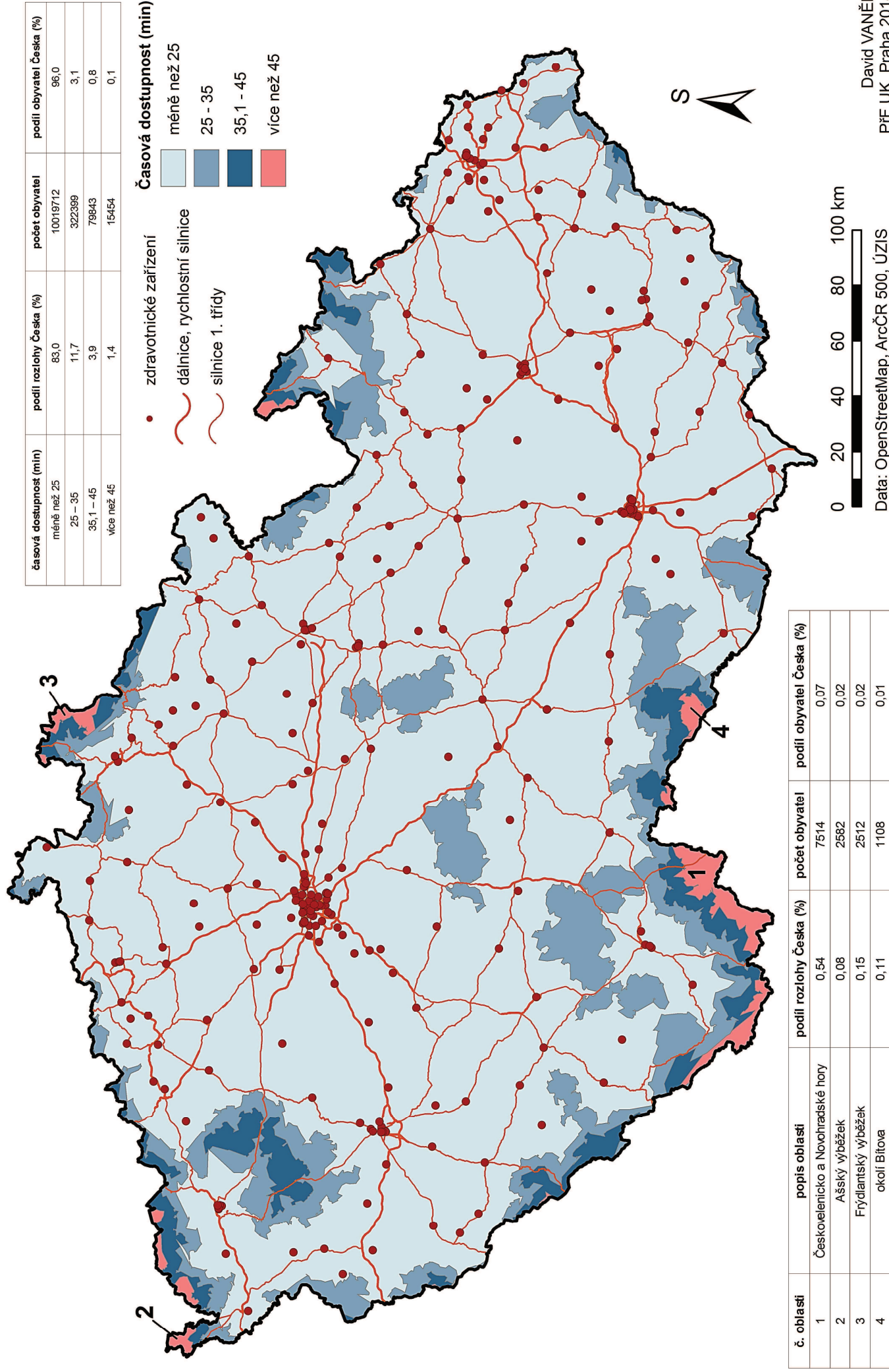
- ARCDATA Praha – ArcČR 500 digitální geografická databáze verze 3.0, 2012.
- CEDA – databáze ČR150
- ČSÚ – Územně identifikační registr ÚIR-ZSJ.  
[http://www.czso.cz/csu/rso.nsf/i/prohlizec\\_uir\\_zsj](http://www.czso.cz/csu/rso.nsf/i/prohlizec_uir_zsj) (staženo 13. 4. 2014)
- Geofabrik GmbH - OpenStreetMap data extracts. <http://download.geofabrik.de/> (staženo 23. 3. 2014)
- Google mapy – Navigace. <https://www.google.cz/maps/>
- LESTER, P. (2005): A\* pathfinding for beginners.  
<http://www.policyalmanac.org/games/aStarTutorial.htm> (staženo 2. 4. 2014)
- Mapy.cz – Plánování a měření trasy. <http://www.mapy.cz/>
- Revírní bratrská pokladna – Vyhledání lékaře. <https://moje.rbp-zp.cz/vyhledani-lekare/> (staženo 23. 3. 2014)
- ŘSD – Stavby uvedené do provozu. <http://www.rsd.cz/Stavime-pro-vas/Stavby-uvedene-do-provozu> (staženo 13. 4. 2014)
- ŠKODA – Plánovač cest. <http://www.skoda-auto.cz/mini-apps/new-routeplanner>
- ÚZIS ČR – Registr zdravotnických zařízení. <https://snzr.uzis.cz/viewzz/rzz.htm> (staženo 28. 2. 2014)
- ÚZIS ČR – Zdravotnická ročenka ČR 2012. 2013, 260 s.
- ViaMichelin – Driving directions. <http://www.viamichelin.com/>

## **11 SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1** Dostupnostní zóny zdravotnických zařízení, obor urologie, smlouva s VZP
- Příloha 2** Dostupnostní zóny zdravotnických zařízení, obor urologie, smlouva s RBP
- Příloha 3** Dostupnostní zóny zdravotnických zařízení, obor hemodialýza, smlouva s VZP
- Příloha 4** Dostupnostní zóny zdravotnických zařízení, obor hemodialýza, smlouva s RBP
- Příloha 5** Dostupnostní zóny zdravotnických zařízení, obor nefrologie, smlouva s VZP
- Příloha 6** Dostupnostní zóny zdravotnických zařízení, obor nefrologie, smlouva s RBP
- Příloha 7** Dostupnostní zóny zdravotnických zařízení, obor kardiochirurgie, smlouva s VZP
- Příloha 8** Dostupnostní zóny zdravotnických zařízení, obor kardiochirurgie, smlouva s RBP

# PŘÍLOHA 1 - DOSTUPNOSTNÍ ZÓNY ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ

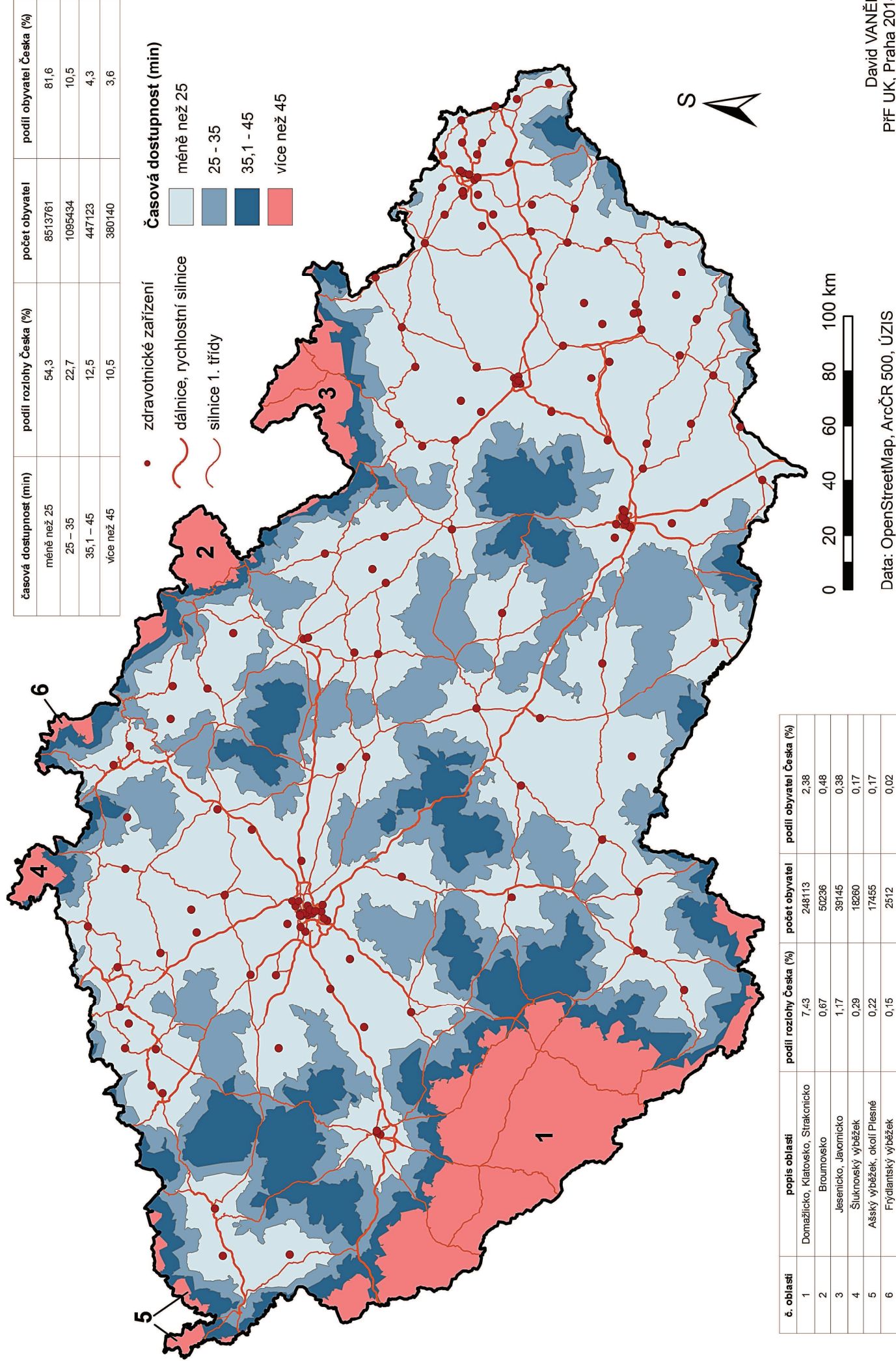
obor urologie, smlouva s Všeobecnou zdravotní pojišťovnou





# PŘÍLOHA 2 - DOSTUPNOSTNÍ ZÓNY ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ

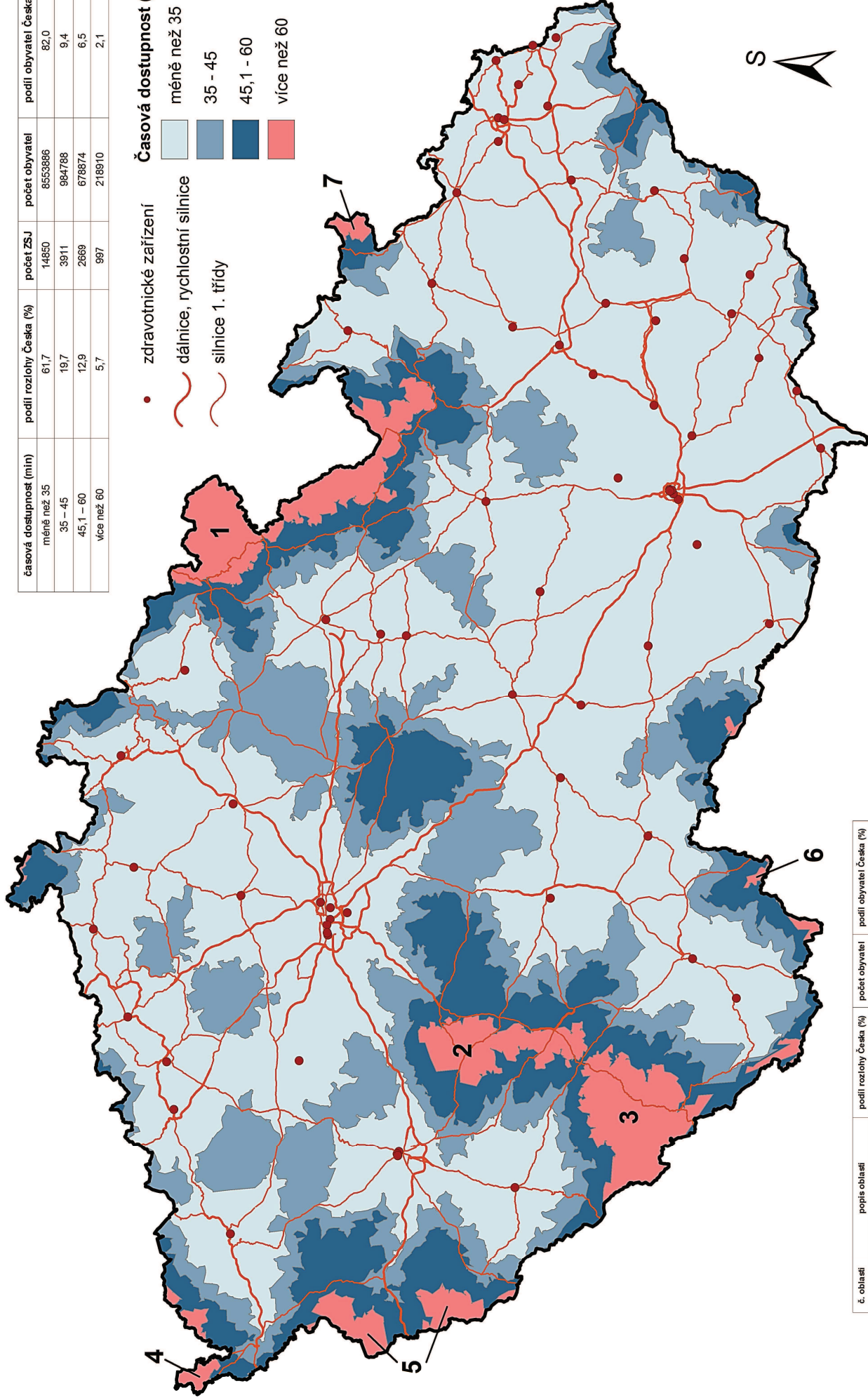
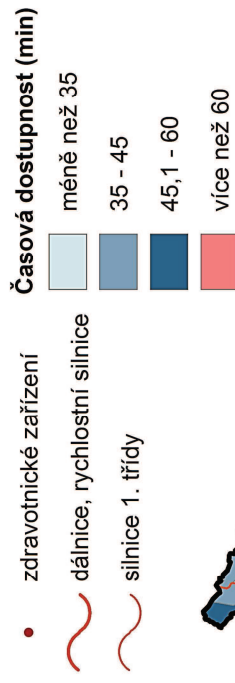
obor urologie, smlouva s Revírní bratrskou pokladnou



# PŘÍLOHA 3 - DOSTUPNOSTNÍ ZÓNY ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ

obor hemodialýza, smlouva s Revimí bratrskou pokladnou

časová dostupnost (min)	podíl rozlohy Česka (%)	počet ZSJ	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
méně než 35	61,7	14850	8553886	82,0
35 – 45	19,7	3911	984788	9,4
45,1 – 60	12,9	2669	678874	6,5
více než 60	5,7	997	218910	2,1



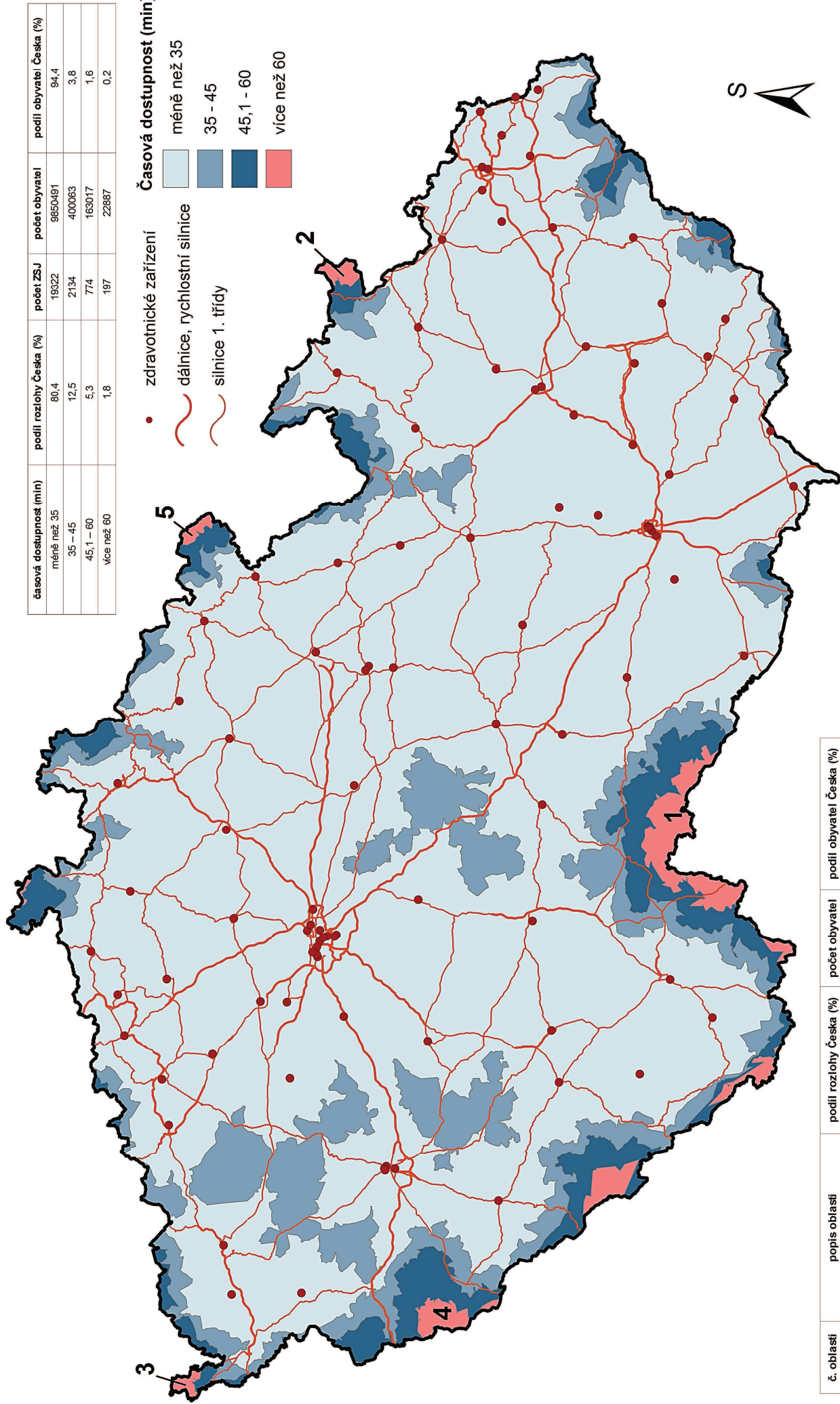
č. oblasti	popis oblasti	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
1	Brumovsko a Otčické hory	1,95	116508	1,12
2	Příbram – Strakonice	0,95	49371	0,47
3	okolí Vimperka	1,53	29234	0,28
4	Aský vrbáček	0,12	9461	0,09
5	Český les, 2 části	0,62	7176	0,07
6	Českolovensko	0,04	3485	0,03
7	Osoblažsko	0,11	2474	0,02

Data: OpenStreetMap, ArcČR 500, ÚZIS



# PŘÍLOHA 4 - DOSTUPNOSTNÍ ZÓNY ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ

obor hemodialýza, smlouva s Všeobecnou zdravotní pojišťovnou



časová dostupnost (min)	podíl rozlohy Česka (%)	počet ZSJ	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
méně než 35	80,4	19322	9850491	94,4
35 – 45	12,5	2134	400063	3,8
45,1 – 60	5,3	774	163017	1,6
více než 60	1,8	197	22887	0,2

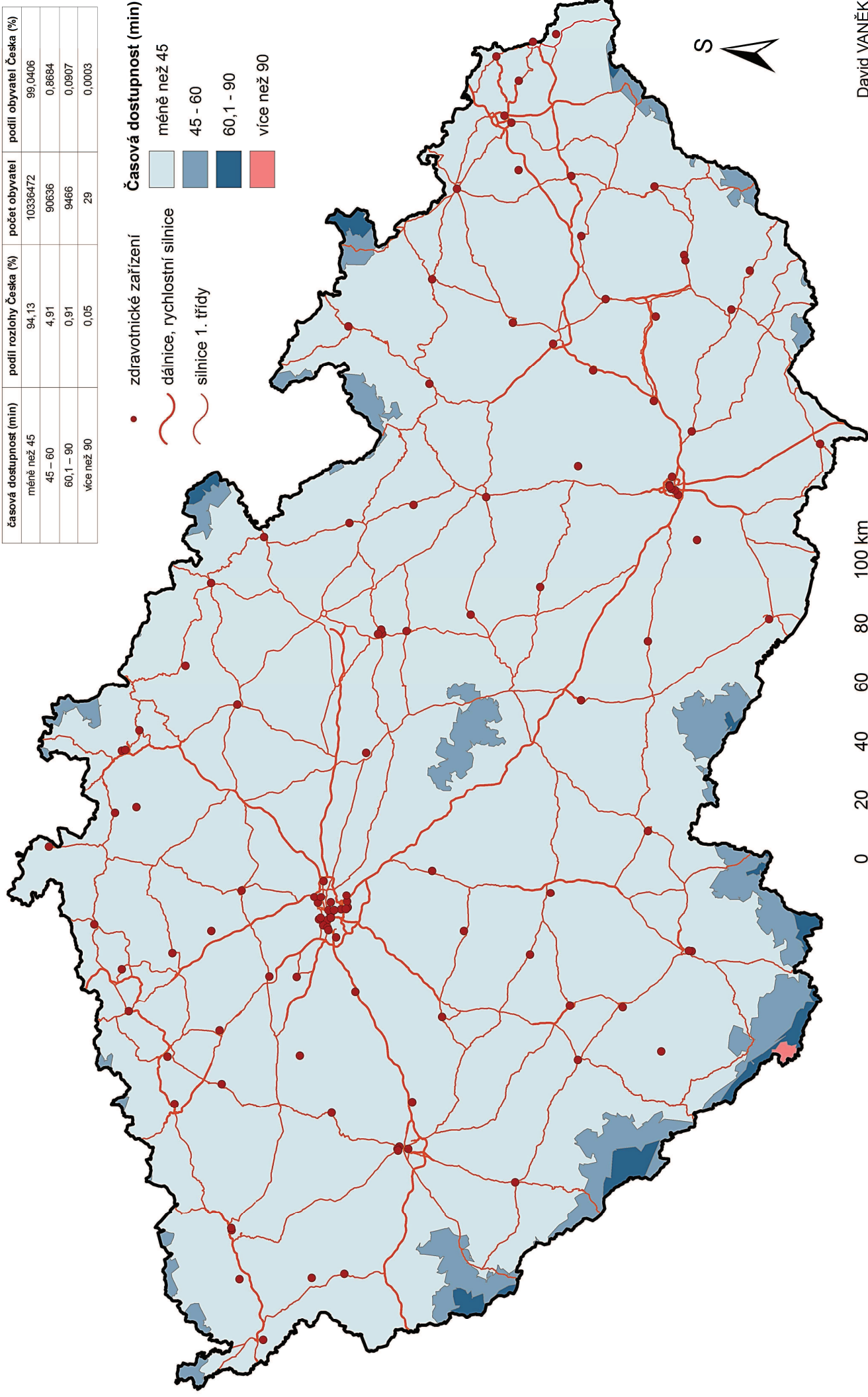
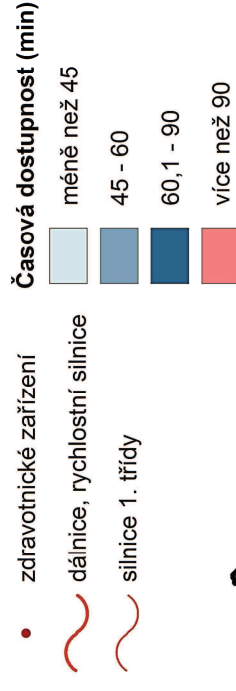
- Časová dostupnost (min)
- méně než 35
  - 35 - 45
  - 45,1 - 60
  - více než 60
- zdravotnické zařízení
- dálnice, rychlostní silnice
  - silnice 1. třídy

č. oblasti	popis oblasti	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
1	Novobystřicko a Českovelenicko	0,82	15359	0,15
2	Osoblažsko	0,11	2474	0,02
3	Ašský výběžek	0,08	2452	0,02
4	Český les	0,22	964	0,01
5	Broumovský výběžek	0,07	966	0,01

# PŘÍLOHA 5 - DOSTUPNOSTNÍ ZÓNY ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ

obor nefrologie, smlouva s Všeobecnou zdravotní pojišťovnou

časová dostupnost (min)	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
méně než 45	94,13	10336472	99,0406
45 – 60	4,91	90636	0,8684
60,1 – 90	0,91	9466	0,0907
více než 90	0,05	29	0,0003

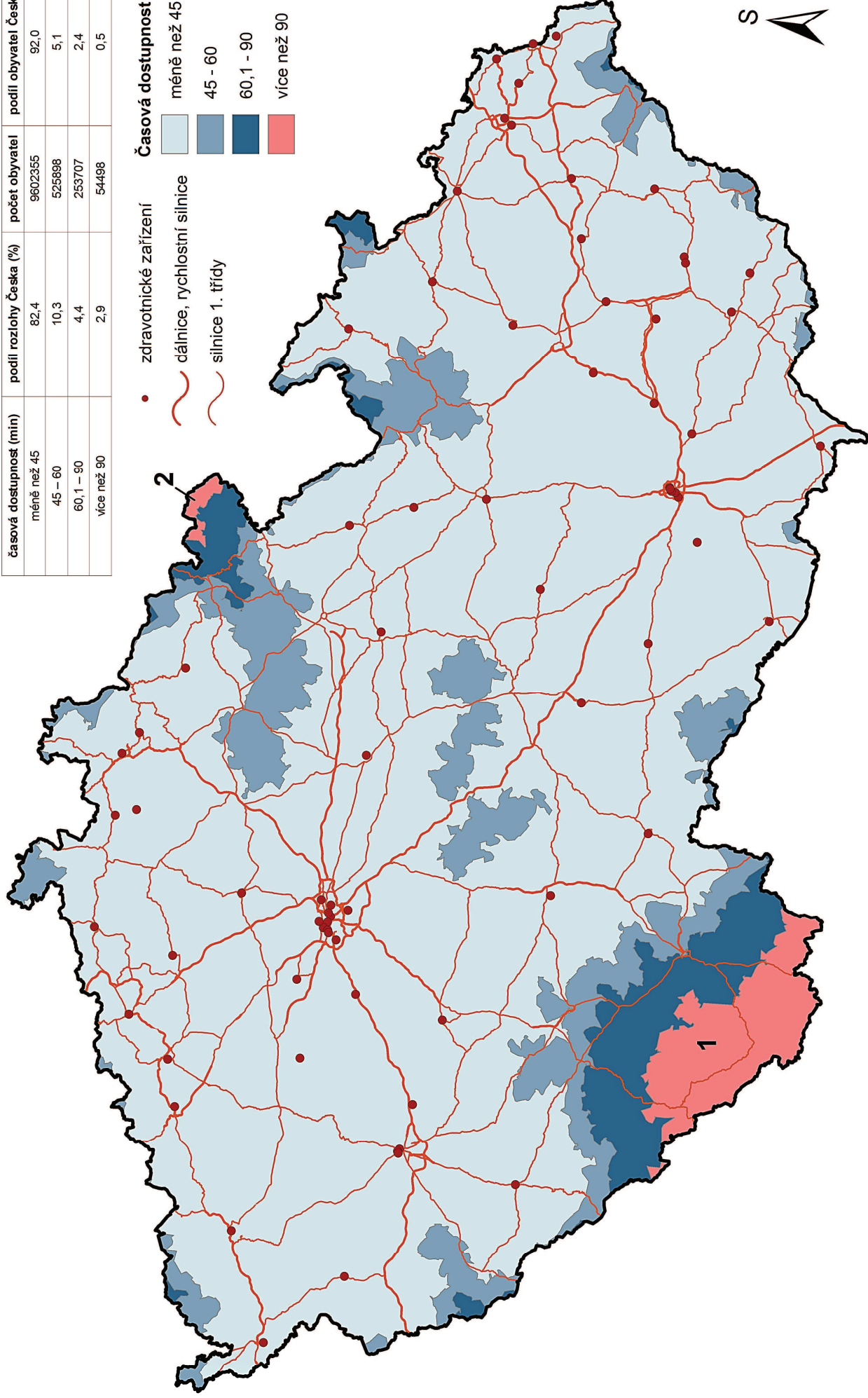
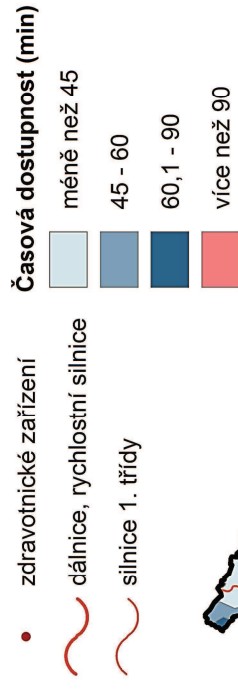




# PŘÍLOHA 6 - DOSTUPNOSTNÍ ZÓNY ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ

obor nefrologie, smlouva s Revírní bratrskou pokladnou

časová dostupnost (min)	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
méně než 45	82,4	9602355	92,0
45 – 60	10,3	525898	5,1
60,1 – 90	4,4	253707	2,4
více než 90	2,9	54498	0,5



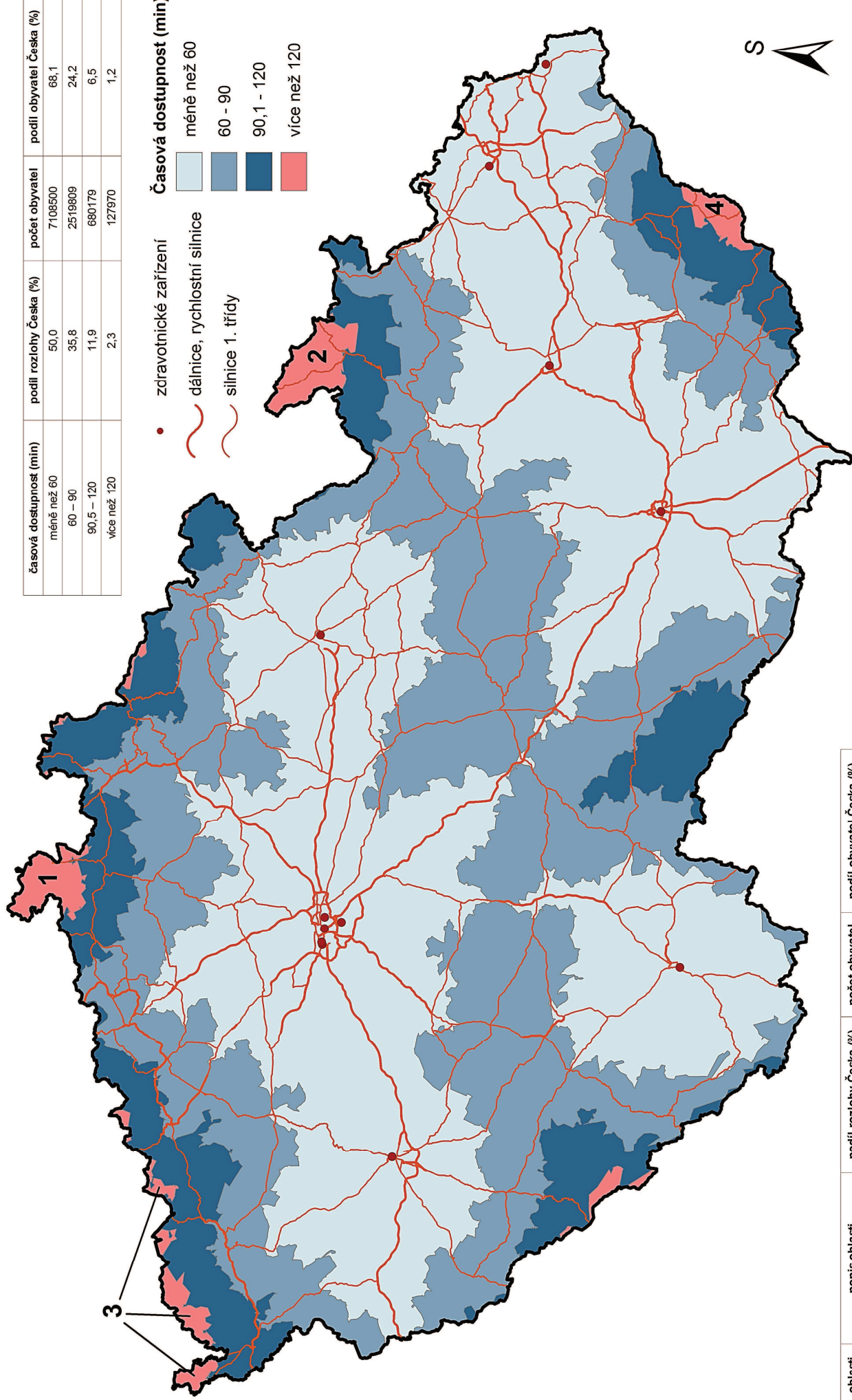
č. oblasti	popis oblasti	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
1	Prachátčsko a Českokrumlovsko	2,68	51211	0,49
2	Brumovský výběžek	0,16	3287	0,03



Data: OpenStreetMap, ArcČR 500, ÚZIS

# PŘÍLOHA 7 - DOSTUPNOSTNÍ ZÓNY ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ

obor kardiokirurgie, smlouva s Všeobecnou zdravotní pojišťovnou



časová dostupnost (min)	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
méně než 60	50,0	7108500	68,1
60 – 90	35,8	2519809	24,2
90,5 – 120	11,9	680179	6,5
více než 120	2,3	127970	1,2

- časová dostupnost (min)
- méně než 60
  - 60 – 90
  - 90,1 – 120
  - více než 120
- zdravotnické zařízení
- dálnice, rychlostní silnice
  - silnice 1. třídy

č. oblasti	popis oblasti	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
1	Šluknovský výběžek	0,5	52184	0,5
2	Javornický výběžek	0,7	30503	0,3
3	Ašsko, Kraslicko a Vejprtsko	0,5	22650	0,2
4	Brumovsko – Bylnicko	0,3	21618	0,2

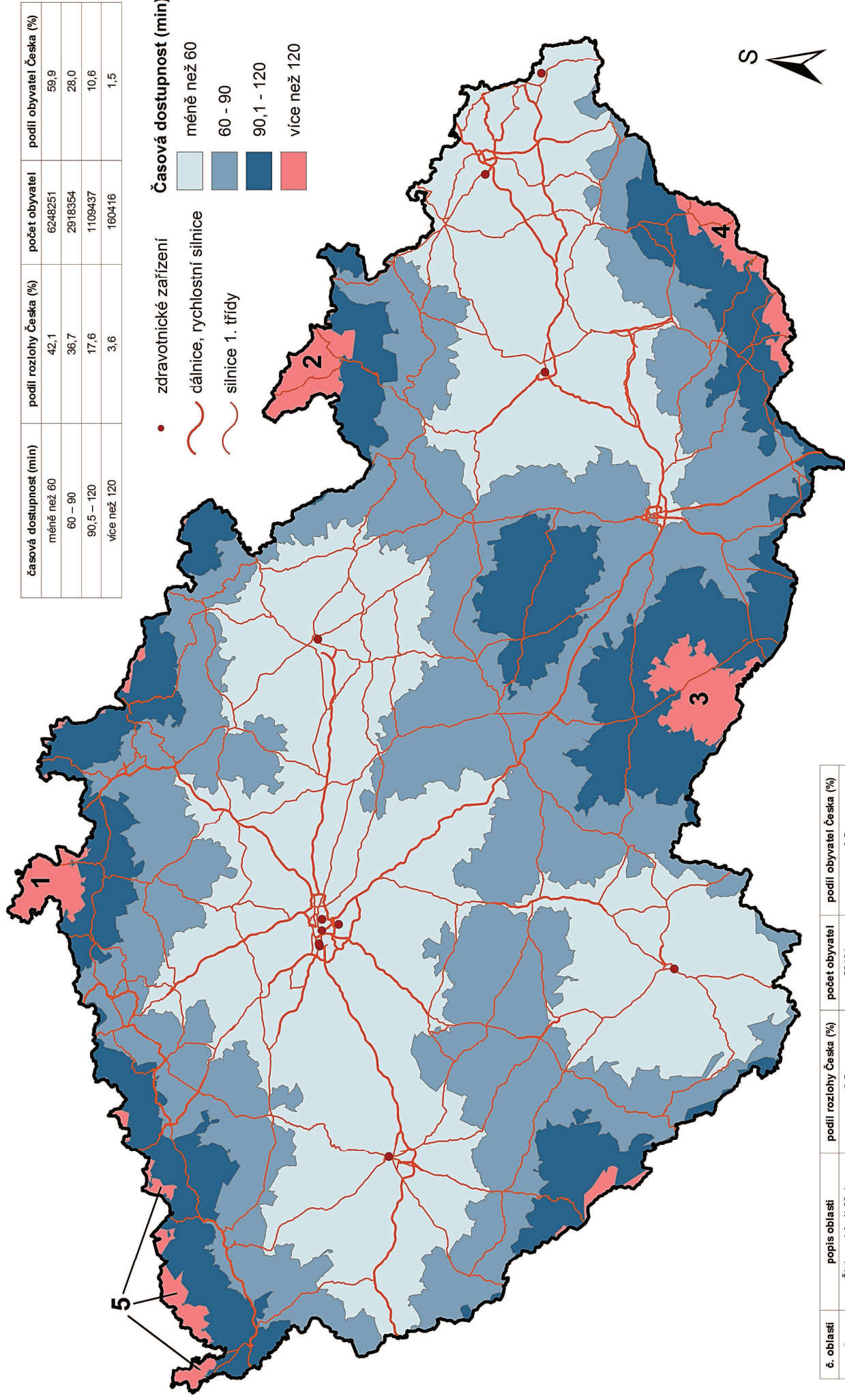
0 20 40 60 80 100 km

Data: OpenStreetMap, ArcČR 500, ÚZIS



# PŘÍLOHA 8 - DOSTUPNOSTNÍ ZÓNY ZDRAVOTNICKÝCH ZAŘÍZENÍ

obor kardiokirurgie, smlouva s Revírní bratrskou pokladnou



časová dostupnost (min)	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
méně než 60	42,1	6249251	59,9
60 – 90	36,7	2918354	28,0
90,5 – 120	17,6	1109437	10,6
více než 120	3,6	160416	1,5

- zdravotnické zařízení  
--- dálnice, rychlostní silnice  
— silnice 1. třídy
- Časová dostupnost (min)**  
■ méně než 60  
■ 60 - 90  
■ 90,1 - 120  
■ více než 120

č. oblasti	popis oblasti	podíl rozlohy Česka (%)	počet obyvatel	podíl obyvatel Česka (%)
1	Šluknovský výběžek	0,5	52184	0,5
2	Javornický výběžek	0,7	30503	0,3
3	Moravskobudějovicko	1,0	28155	0,3
4	Bílá Karpaty	0,6	25909	0,2
5	Ašsko, Kraslicko a Vejprtsko	0,5	22650	0,2

0 20 40 60 80 100 km

Data: OpenStreetMap, ArcČR 500, ÚZIS